This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

HW 27FX F

War
5158.08

KE730

HARVARD COLLEGE LIBRARY

BOUGHT FROM THE INCOME OF THE FUND
BEQUEATHED BY
PETER PAUL FRANCIS DEGRAND
(1787-1855)
OF BOSTON

FOR FRENCH WORKS AND PERIODICALS ON THE EXACT SCIENCES
AND ON CHEMISTRY, ASTRONOMY AND OTHER SCIENCES
APPLIED TO THE ARTS AND TO NAVIGATION

MÉMORIAL

DE

L'OFFICIER DU GÉNIE.

N.° 6.

MÉMORIAL

DE

L'OFFICIER DU GÉNIE,

OU

RECUEIL de Mémoires, Expériences, Observations et Procédés généraux propres à perfectionner la fortification et les constructions militaires,

RÉDIGÉ PAR LES SOINS DU COMITÉ.

AVEC L'APPROBATION DU MINISTRE DE LA GUERRE.

N.° 6.

A PARIS,
DE L'IMPRIMERIE ROYALE.

1823.

~~War5168.08~~
KE730

LEGRAND

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS LE VI.e NUMÉRO DU MÉMORIAL.

PRIX D'ENCOURAGEMENT. Extrait des Registres du Comité du Génie..... Page 1.

MÉMOIRE SUR L'APPLICATION DE LA GÉOMÉTRIE AU DESSIN DE LA FORTIFICATION, par M. le Capitaine du Génie NOIZET..... 5.

MÉMOIRE SUR LES BÂTIMENS MILITAIRES, par M. le Capitaine du Génie BELMAS..... 225.

MÉMORIAL

DE

L'OFFICIER DU GÉNIE.

PRIX

D'ENCOURAGEMENT.

EXTRAIT DES REGISTRES DU COMITÉ DU GÉNIE.

Séance du 13 Novembre 1823.

PAR suite de la lettre ministérielle en date du 24 août 1822, et de l'avis du Comité du 27 du même mois, insérés au 5.e numéro du *Mémorial de l'officier du Génie*, six mémoires divers, accompagnés de leurs dessins, ont été adressés, avant le 15 octobre 1823, à l'inspecteur général du service central, afin de concourir aux prix annoncés. Le Comité, après avoir entendu un rapport détaillé sur chacun de ces mémoires, et avoir pris une connaissance approfondie de leur contenu, en a distingué principalement deux ayant pour sujet, l'un l'application de la géométrie au dessin de la fortification, et l'autre la construction et la disposition des bâtimens militaires.

Le Comité considérant,

Que dans le premier de ces deux mémoires, l'auteur a traité un sujet éminemment utile, avec beaucoup de talent et une grande clarté;

Que dans le second, on trouve rassemblées, sur la construction des édifices militaires, un grand nombre d'idées judicieuses, et des vues nouvelles qui, pour la plupart, pourraient être d'une application heureuse;

Que les autres ouvrages présentés au concours, bien qu'ils annoncent dans leurs auteurs un esprit de recherche et d'étude auquel on doit applaudir, sont néanmoins, dans l'ordre de leur mérite relatif, inférieurs à ceux qui viennent d'être cités;

Est d'avis,

1.° Que le *Mémoire sur l'application de la géométrie au dessin de la fortification* mérite le premier prix;

2.° Que le *Mémoire sur les bâtimens militaires* mérite le deuxième prix.

Conformément à l'article 3 des dispositions prescrites par Son Excellence le Ministre de la guerre, les lettres cachetées annexées à ces deux mémoires ayant été ouvertes, il a été reconnu que le capitaine du Génie Noizet est l'auteur du mémoire qui a été jugé digne du premier prix, et que le capitaine du Génie Belmas est l'auteur du mémoire qui a été jugé digne du deuxième prix.

En conséquence, le Comité a l'honneur de prier Son Excellence,

1.° De vouloir bien décerner une médaille d'or

de la valeur de 1,500 francs à M. le capitaine du Génie Noizet, et une médaille d'or de la valeur de 600 francs à M. le capitaine du Génie Belmas;

2.° D'autoriser l'insertion des deux mémoires couronnés dans le prochain numéro du *Mémorial de l'officier du Génie*, afin que chaque officier du corps puisse profiter, pour son instruction, des documens utiles qu'ils renferment.

Pour extrait conforme :

L'Inspecteur général du service central, Président du Comité,

Signé ROGNIAT.

Le Lieutenant-colonel du Génie, Secrétaire du Comité,

Signé LAMY.

APPROUVÉ le 27 novembre, par Son Excellence.

LE Comité, jugeant encore avantageux de donner aux officiers du Génie toute la latitude possible dans le choix des sujets du concours de 1824, ne désigne point de sujet déterminé pour cette année. Tous les ouvrages quelconques relatifs à l'art de l'ingénieur seront en conséquence admis à concourir, pourvu qu'ils aient un but général d'application aux travaux du Génie, et qu'ils soient présentés avec les

conditions et formalités requises pour le précédent concours. Ils devront par suite être parvenus à l'inspecteur général du service central le 15 octobre 1824, époque de la fermeture du concours.

MÉMOIRE
SUR LA GÉOMÉTRIE
APPLIQUÉE
AU DESSIN DE LA FORTIFICATION;

Par M. le Capitaine du Génie F. NOIZET.

INTRODUCTION.

Les divers signes, soit représentatifs, soit purement conventionnels, mis en usage pour fixer nos idées, forment, à proprement parler, la base de l'édifice des sciences. Sans leur secours, toutes nos conceptions seraient éphémères, et vainement les hommes supérieurs se livreraient à l'élan de leur imagination; tout mourrait avec eux, ou du moins ils ne laisseraient de traces des productions de leur esprit que dans la mémoire infidèle de quelques hommes périssables comme eux. L'écriture ordinaire est le signe le plus général qu'on puisse employer; mais dans les sciences et dans les arts, d'autres signes la remplacent quelquefois avec avantage, ou ajoutent à la clarté de l'expression par une reproduction simul-

tanée des différentes idées qui entrent dans un même sujet. Ces signes appartiennent à des langues plus abrégées que les langues parlées : c'est ainsi qu'on a pu dire que *le dessin est la langue écrite des ingénieurs*. Quelle que fût en effet la capacité de son esprit, jamais un ingénieur ne concevrait un projet un peu compliqué, sans avoir recours au dessin, qui donne le moyen d'en embrasser toutes les parties d'un seul coup d'œil ; et jamais non plus il ne pourrait en faire comprendre les détails à ceux qui seraient chargés d'en diriger l'exécution. Le dessin est donc une partie importante des connaissances nécessaires à tout ingénieur militaire, et l'on se propose ici d'en expliquer l'emploi pour l'expression ou pour la détermination des différens élémens de la fortification.

Le dessin, en général, a pour but d'exprimer d'une manière claire, au moyen d'une surface ordinairement plane, les dimensions et les formes des corps. On distingue le dessin *de perspective* et le dessin *géométral*. Pour éxécuter le premier, on suppose que chacun des points remarquables du corps à représenter, lançant des rayons lumineux vers l'œil du spectateur, ce faisceau conique de rayons soit coupé par un plan sur lequel chacun d'eux imprime sa trace. Dans le dessin géométral, le faisceau de rayons, qu'on suppose interceptés par un plan, est cylindrique au lieu d'être conique, et l'on choisit ordinairement le plan du dessin perpendiculaire aux génératrices du cylindre.

On ne se sert en fortification que du dessin géométral : il n'offre pas, il est vrai, comme la perspec-

tive, l'apparence exacte des corps; mais il conserve mieux les proportions de leurs dimensions, ce qui est beaucoup plus essentiel.

Un dessin géométral se nomme en général *projection;* et l'on dit que la projection est horizontale ou verticale, selon que le plan sur lequel on suppose qu'elle a été faite est lui-même horizontal ou vertical. On appelle simplement *plan*, la projection horizontale d'un ensemble de corps liés entre eux, en réservant la dénomination de *projection horizontale* pour le dessin d'un objet unique et de peu d'étendue. Ainsi l'on dit, *la projection d'une sphère, d'un voussoir, d'un arbre,* et *le plan d'un bâtiment, d'un bastion, d'un terrain, d'une ville,* &c. On remplace aussi, dans bien des cas, l'expression de *projection verticale*, par celles de *profil*, de *coupe*, d'*élévation.* Nous n'insisterons pas sur ces définitions, connues de tous les dessinateurs. Nous ajouterons seulement cette observation, que dans un dessin géométral quel qu'il soit, ce ne sont point ordinairement les grandeurs absolues des dimensions projetées qu'on représente, mais ces grandeurs réduites d'une manière proportionnelle. On nomme alors *échelle* du dessin, une droite divisée en parties égales, et dont chacune des parties est l'unité de mesure réduite dans le même rapport que toutes les lignes exprimées sur le dessin. On dit que cette échelle est du $\frac{1}{100}$, du $\frac{1}{1000}$, du $\frac{1}{2000}$, &c., suivant que les dimensions projetées ont été réduites au $\frac{1}{100}$, au $\frac{1}{1000}$, au $\frac{1}{2000}$, &c. de leur grandeur réelle.

On peut distinguer encore dans le dessin, la partie *géométrique*, qui sert à coordonner convena-

blement entre eux les élémens dont une projection se compose, et la partie *graphique* ou d'exécution, qui exige sur-tout de l'adresse et du goût. On ne s'arrêtera point ici à cette dernière partie, quoiqu'elle ne soit point sans importance; on n'embrassera pas non plus, dans toute son étendue, la première, à laquelle se rattachent les théories du levé et du nivellement, déjà traitées dans des ouvrages spéciaux : on s'occupera uniquement des questions de géométrie auxquelles peut donner lieu le tracé des projets de fortification sur un plan; et c'est sous ce point de vue qu'on envisagera la *géométrie appliquée au dessin de la fortification.*

L'objet qu'on se propose ici, semble, au premier abord, ne devoir être qu'une application directe de la géométrie descriptive, telle que Monge en a développé les principes dans son ouvrage. Ce savant, en effet, s'exprime en ces termes : « La géométrie » descriptive a deux objets : le premier, de donner » les méthodes pour représenter sur une feuille de » dessin qui n'a que deux dimensions, savoir, longueur et largeur, tous les corps de la nature qui » en ont trois, longueur, largeur et profondeur, » *pourvu néanmoins que ces corps puissent être définis* » *rigoureusement.* »

« Le second objet est de donner la manière de » reconnaître, d'après une description exacte, les » formes des corps, et d'en déduire toutes les vé» rités qui résultent et de leurs formes et de leurs » positions respectives. »

M. Vallée, qui a publié, il n'y a pas long-temps, » un nouveau Traité de géométrie descriptive, dans

lequel il donne quelque développement aux idées de Monge, adopte la définition suivante :

« La géométrie descriptive est la science qui en-
» seigne les moyens de représenter avec exactitude
» *les grandeurs géométriques*, et à faire graphique-
» ment, sur ces grandeurs, toutes les opérations
» possibles. »

Les opérations qu'on doit décrire dans ce mémoire, sont bien certainement embrassées par ces *définitions*, quoiqu'on ait souvent à considérer, dans les problèmes relatifs à la fortification, des grandeurs *qui ne peuvent être définies rigoureusement*, ou *qui ne sont pas géométriques*, selon l'expression de M. Vallée. Il est toujours facile, en effet, de substituer à ces grandeurs non susceptibles d'être définies, d'autres grandeurs géométriques qui s'en approchent autant qu'on voudra, et cette circonstance particulière ne peut pas, par conséquent, faire sortir les questions qui se rattachent à la fortification du vaste cadre tracé par la définition de Monge.

Le dessin de la fortification, cependant, ne se déduit pas immédiatement des préceptes de la géométrie descriptive telle qu'elle a été exposée jusqu'ici, quoique les principes qui servent de base dans tous les cas, soient les mêmes et ne puissent varier.

Monge s'est posé d'abord des questions abstraites à résoudre, et, pour parvenir à leur solution, il a pris ses données de la manière la plus commode. C'est ainsi qu'il choisit ses plans de projection de façon que les formes et les dimensions des objets se présentent sous l'aspect le plus favorable. Il

change même quelquefois de plans de projection, lorsqu'il y trouve quelque avantage. Mais lorsqu'on en vient aux applications dans les arts, on ne peut pas toujours user de cette latitude, et c'est ce qui arrive pour la représentation du terrain et de la fortification. Monge, en outre, prend deux plans de projection orthogonaux pour fixer la position des points dans l'espace; mais rien n'oblige à ce choix, et il peut n'être pas le meilleur dans tous les cas. La méthode des doubles projections est la plus commode, il est vrai, pour les questions abstraites; mais quelquefois, dans l'application, on est forcé de la modifier. C'est ainsi que dans la charpente et la coupe des pierres, on se sert des développemens et des rabattemens, en ne faisant souvent usage que d'une projection. On est également conduit à s'écarter de cette méthode dans le dessin de la fortification.

On conçoit en effet quelle extrême difficulté il y aurait à projeter sur un plan vertical l'ensemble des objets dont se compose un dessin de fortification, et il en résulterait une confusion au milieu de laquelle l'homme le plus habile ne saurait rien reconnaître. Veut-on, pour éviter cet embarras, ne comprendre dans la projection verticale qu'une petite partie du plan : il faut alors multiplier outre mesure les projections partielles, et l'on n'obtient, après un travail fort long, qu'une suite de profils difficiles à raccorder entre eux, et qui présentent, soit des lacunes, soit des parties doublement exprimées. Ce moyen cependant a été long-temps employé avec quelques modifications, mais on en a depuis restreint l'usage à un fort petit nombre de cas, et l'on emploie main-

tenant un mode de représentation beaucoup plus simple, qui consiste dans les plans nivelés.

La projection horizontale convient essentiellement à la représentation de la surface du terrain et de la fortification, parce que, de toutes les projections qu'on pourrait faire de ces surfaces, elle est en général celle qui s'éloigne le moins de leur développement. N'ayant d'ailleurs à exprimer aucune partie rentrante ou recouverte, lorsqu'on fait abstraction des détails de maçonnerie, tout est parfaitement distinct sur le plan, en sorte que, lorsqu'il est exécuté avec soin et lavé à l'effet suivant les conventions d'usage, il suffit pour donner déjà une idée assez précise des objets. Si l'on veut cependant faire quelque opération exacte sur un semblable plan, on manque d'une donnée indispensable, qui est la connaissance des hauteurs relatives de tous les points du terrain représenté, par rapport à un même plan horizontal. La projection verticale complète aurait fourni cette nouvelle donnée ; mais on l'obtient avec plus d'avantages par les cotes de nivellement, qui sont des chiffres placés auprès de tous les points remarquables, indiquant leurs distances à un plan horizontal fixe, qu'on suppose ordinairement situé au-dessus des parties les plus élevées du terrain et de la fortification.

Cette méthode, qui s'applique parfaitement au cas dont il s'agit ici, serait impraticable dans beaucoup d'autres circonstances, et particulièrement dans plusieurs des questions que Monge a envisagées dans son Traité de géométrie descriptive. Dès que l'on considère en effet des surfaces rentrantes, ou contenant

des parties recouvertes, il faut deux ou un plus grand nombre de cotes pour un seul point de la projection horizontale, puisque la verticale de projection rencontre la surface en plusieurs endroits. Il vaut mieux dès-lors en revenir aux projections verticales, et c'est ce qu'on fait dans la fortification même, pour représenter les maçonneries de revêtemens, les voûtes des poternes, des souterrains, &c. On construit des coupes à travers les objets qu'on veut connaître, et on les multiplie assez pour qu'aucune partie ne reste indéterminée. On projette quelquefois sur ces coupes plusieurs des points qui sont en avant, afin de n'avoir pas un aussi grand nombre de projections partielles à construire; mais on n'agit ainsi que lorsque les figures qui en résultent ne sont pas trop compliquées. On se dispense aussi, d'autres fois, de faire des coupes, lorsque le nombre des points recouverts n'est pas trop considérable, et qu'il suffit de quelques cotes doubles pour les exprimer. On a soin, dans ce cas, d'indiquer par une légende le signe par lequel on distingue les cotes des points recouverts de celles de la surface supérieure.

Le mode de représentation des corps par les plans nivelés pourrait être facilement ramené à celui des projections doubles, car les cotes de hauteur donnent la faculté de construire immédiatement telle projection verticale qu'on voudra, et l'on serait tenté d'en conclure que les méthodes ordinaires de la géométrie descriptive doivent suffire pour résoudre les questions qui se présentent dans le dessin de la fortification. Cette conclusion serait

vraie à la rigueur, et le serait même encore lorsque la méthode adoptée pour fixer la position des points dans l'espace, différerait bien davantage de celle employée par Monge. Il est toujours possible, en effet, d'opérer un changement de données, et de passer de celles qui sont primitivement établies, à celles qui résulteraient de l'emploi de plans de projection. Mais on sent que ces transformations seraient souvent longues et pénibles, et qu'elles ramèneraient à ce qu'on a voulu éviter, la considération de plusieurs plans de projection dans le cas où l'usage ne saurait en être simple et convenable.

On conçoit donc que l'emploi des plans nivelés pour le dessin de la fortification, doit apporter quelques *modifications* à la solution des problèmes de géométrie descriptive auxquels donne lieu l'établissement d'un projet, et qu'il peut être utile d'exposer avec ordre ces modifications.

Dans une première partie, nous indiquerons d'abord de quelle manière s'expriment sur le dessin les limites des corps qu'on veut représenter, savoir : les points, les lignes et les surfaces. Nous verrons ensuite comment, au moyen de ces données, on peut effectuer les diverses opérations que nécessitent les solutions géométriques des problèmes. On remarquera que ces opérations sont peu nombreuses, et que lorsqu'on les connaît une fois, on n'a plus qu'à en faire une application directe aux solutions que fournissent les principes de la géométrie ordinaire.

Dans une seconde partie, nous ferons l'application des préceptes qui auront précédé, au dessin des

différens objets qui peuvent entrer dans un projet de fortification, sans nous occuper toutefois du dessin des détails de construction, pour lequel on a le plus souvent recours aux doubles projections.

Nous n'avons nullement la prétention de présenter des idées neuves dans ce mémoire; tout ce que nous dirons sera connu à peu près. Nous ne nous imposons d'autre tâche, que celle de recueillir les méthodes les plus simples dont les ingénieurs font usage depuis long-temps, et sur-tout depuis que Monge a développé les principes autrefois si vagues de la stéréotomie. Notre travail pourtant, s'il répond à nos efforts, pourra être utile, en présentant réunie sous le même point de vue, une suite de questions que les ingénieurs militaires ont journellement à résoudre.

PREMIÈRE PARTIE.

SECTION I.re

DE LA MANIÈRE D'EXPRIMER LES LIMITES DES CORPS.

Du Point.

Figure 1.re

1. Un point s'exprime sur un plan horizontal connu de position, au moyen de sa projection sur ce plan et de sa cote de nivellement, qui est, ainsi qu'on l'a dit, le chiffre indiquant sa distance à un autre plan horizontal fixe, situé à une hauteur assez

grande pour qu'aucun des points qu'on devra considérer sur un même dessin ne puisse avoir une cote négative. On écrit la cote auprès de la projection, et ces deux données suffisent évidemment pour déterminer le point, puisque, par la projection, on ne peut concevoir qu'une perpendiculaire au plan, et que sur cette perpendiculaire il n'y a qu'un point qui puisse avoir la cote donnée.

2. Lorsqu'en projetant plusieurs points isolés, il s'en trouve deux qui ont la même projection, ou qui sont situés sur la même verticale, on écrit auprès de cette projection unique les deux cotes qui lui correspondent, en les accompagnant d'un signe distinctif convenu. Il en serait de même encore si trois points se trouvaient sur une verticale commune; mais passé cela, on a recours ordinairement à la projection verticale pour faire connaître la position de ces points.

De la Ligne.

3. La manière de déterminer la position d'une ligne dans l'espace, se déduit de ce qui précède. Une ligne en effet, étant l'assemblage d'une suite de points, se trouvera connue par les projections et les cotes de ces points; l'ensemble des projections de tous les points sera la projection de la ligne, ou l'intersection avec le plan horizontal du cylindre vertical passant par cette ligne. Quant aux cotes, on ne pourra pas toutes les écrire, puisque le nombre en serait infini; mais la ligne sera regardée comme suffisamment connue, lorsqu'on aura celles d'un certain nombre de ses points assez rapprochés

Figure 2.

les uns des autres pour qu'on pût la construire, s'il était besoin, sans erreur trop sensible.

4. Si la ligne devait être contenue dans un plan fixé de position comme on le verra plus loin, sa projection horizontale suffirait avec ce plan pour la déterminer complétement. Ce cas se présente souvent dans le dessin de la fortification. Si tous les points de la ligne étaient de niveau, c'est-à-dire, s'ils se trouvaient dans un même plan horizontal, il suffirait d'une cote unique avec la projection pour fixer la position de la ligne.

Figure 3. 5. Lorsque la ligne à représenter sera droite, il suffira de connaître, avec sa projection, les cotes de deux de ses points, puisque ces deux points étant déterminés, la droite qui les joint le sera aussi. On pourrait même se dispenser de tracer la projection de la droite, qui est elle-même une droite passant par les projections des deux points cotés; mais lorsque cette droite existe réellement dans l'espace, sa projection sert à la représenter, et remplit par conséquent un des objets qu'on se propose dans l'établissement du plan.

Si la droite était verticale et indéfinie, le point unique de sa projection sans aucune cote, ou sa trace sur le plan du dessin, suffirait pour l'exprimer.

6. Si la ligne enfin, n'étant pas droite, était connue par son équation, ou par quelqu'une de ses propriétés propre à la définir, on pourrait se la donner par les élémens qui suffisent à sa construction, d'où il y aurait toujours moyen de conclure les points dont on aurait besoin. Ce cas, au reste, se rencontre peu fréquemment dans le dessin de la fortification,

et seulement dans les détails relatifs à la maçonnerie, pour lesquels il est presque toujours nécessaire d'avoir recours à la méthode des doubles projections, et dont, pour cette raison, nous ne nous occuperons pas, comme nous l'avons dit plus haut.

Du Plan.

7. S'il n'est pas toujours possible de fixer entièrement la position d'une ligne sur un plan nivelé, et s'il faut souvent se contenter de déterminer un nombre plus ou moins grand de ses points, à plus forte raison ne saurait-on exprimer une surface quelconque. Elle se confond en projection horizontale avec le plan même de projection, et il faudrait par conséquent autant de cotes qu'il y a de points sur ce plan, pour qu'elle fût complétement définie, lorsque sa génération n'est pas donnée. On doit donc se borner à faire connaître un nombre limité de points appartenant à la surface qu'on veut décrire, et ce n'est que dans le choix de ces points que consiste l'avantage d'une méthode sur une autre.

Avant de considérer les surfaces en général, nous nous occuperons d'un cas particulier qui est d'une telle importance qu'on ne saurait trop s'y arrêter; nous voulons parler de la surface plane, élément d'un usage continuel dans la fortification.

8. Tous les points d'un plan étant liés par une relation telle qu'il suffit en général de fixer trois d'entre eux pour que le plan soit rigoureusement fixé lui-même, il s'ensuit qu'il suffit aussi de se

donner les projections et les cotes de trois points pour déterminer la position d'un plan dans l'espace.

Un plan peut encore être connu par d'autres données, selon la manière dont il entre dans un dessin: il peut passer par un point et par une droite connue de projection, dont les cotes se déduisent de certaines conditions exprimées sur le dessin; il peut passer par un point et être parallèle à un plan donné; il peut être donné par deux droites qui se coupent, par une droite et par l'angle qu'il fait avec l'horizon, &c. Tous ces cas rentrent bien, il est vrai, les uns dans les autres, puisque les données qu'on établit doivent en définitive équivaloir à la connaissance de trois points; mais ils diffèrent par la forme, qui est tout dans le dessin.

Il arrive fort souvent qu'un plan est exprimé par des conditions suffisantes pour déterminer sa position, sans que néanmoins on connaisse immédiatement la cote d'un seul de ses points. C'est ainsi que la plupart des plans qui terminent la masse des remparts, sont ordinairement figurés par les lignes qui leur servent de limites, dont quelques-unes seulement sont cotées. Mais d'autres fois cependant, les plans devant être l'objet d'opérations graphiques plus ou moins compliquées, il devient nécessaire, non-seulement d'avoir immédiatement les projections et les cotes de trois de leurs points, mais encore de faire en sorte que les cotes de tous les autres points puissent être déterminées avec facilité. Il faut donc, en un mot, trouver une méthode uniforme d'exprimer les plans sur un dessin, de manière à connaître tel nombre qu'on voudra de leurs points.

9. Plusieurs moyens se présentent pour arriver à ce but : celui qui s'offre le plus naturellement et qui semble une conséquence de ce qui a été dit précédemment, consiste à supposer le plan traversé par un grand nombre de droites projetées, et cotées chacune en deux de leurs points. Si ces droites étaient tracées d'une manière quelconque sur le papier, elles y produiraient trop de confusion, quand on aurait sur-tout à considérer plusieurs plans à-la-fois; mais la méthode se simplifie déjà beaucoup lorsqu'on les suppose toutes parallèles entre elles. Elle devient plus simple encore, si on les prend horizontales, puisqu'il suffit alors d'une cote pour chacune d'elles. On remarquera même qu'on peut se dispenser de les tracer toutes; il suffit d'en connaître une seule avec un point coté de chacune des autres. Si ces points cotés, cependant, restaient isolés sur le dessin, rien n'indiquerait qu'ils appartiennent à un même plan, et l'on pourrait ne plus les reconnaître, lorsqu'on voudrait en faire usage pour rétablir les horizontales et trouver de nouveaux points sur le plan. On fait donc en sorte que ces points soient sur une même droite, et on les espace également entre eux, pour faciliter les opérations graphiques. Enfin, pour arriver à un dernier degré de simplification dans la représentation du plan, et pour se dispenser même de tracer aucune horizontale, on prend tous les points cotés sur une perpendiculaire à ces horizontales, et par conséquent suivant la projection de la ligne de plus grande pente du plan. Parmi toutes les cotes qu'on peut marquer sur cette droite, on n'écrit que celles qui correspondent à des divisions exactes de la

Figure 4.

mesure en usage (1), et la ligne ainsi divisée en des points dont les cotes suivent une progression arithmétique, est ce qu'on nomme *l'échelle de pente* du plan, parce qu'elle donne la direction de cette pente, et que, par le rapprochement plus ou moins grand de ses divisions, elle en indique le degré de roideur.

10. La méthode que nous venons d'indiquer est d'une grande simplicité, car une seule ligne suffit pour la description complète d'un plan, et l'on conçoit, sans un grand effort d'imagination, la suite des horizontales qui, s'appuyant sur cette ligne, forment le plan lui-même par leur continuité. On reconnaît sur-tout l'excellence de cette méthode, lorsqu'on la compare à celle que Monge est conduit à adopter dans sa Géométrie descriptive. Il se donne les intersections du plan qu'il veut représenter avec les deux plans de projection, et conçoit une génératrice qui s'appuie constamment sur ces deux traces. Or, l'œil déjà ne suit pas sans quelque peine la génératrice se mouvant dans une direction quelconque sur deux droites données; mais de plus, il est nécessaire, pour qu'on obtienne un plan et non pas une surface gauche, que les deux traces se rencontrent sur l'intersection des deux plans de projection, et comme il arrive souvent que la rencontre n'a pas lieu dans les limites de la feuille du dessin, on ne peut s'assurer immédiatement que cette condition est remplie, en sorte que ni l'œil ni l'esprit ne sont satisfaits. Les traces, en outre, ayant une position fixe sur le dessin, il en résulte que si l'on a un nombre

(1) Le mètre est l'unité de longueur qu'on adopte ordinairement.

un peu grand de plans à considérer, elles se confondent au point qu'il devient souvent fort difficile de démêler celles qui appartiennent à un même plan. Ce grave inconvénient disparaît lorsqu'on fait usage des échelles de pente; car leur position est entièrement arbitraire, leur direction seule est rigoureusement donnée, et l'on peut toujours placer chacune d'elles à l'endroit du dessin où le plan auquel elle appartient doit être considéré, ce qui donne la facilité de reconnaître de suite ce plan; et si, malgré cela, il reste encore quelque incertitude, on peut écrire le long des échelles l'indication des plans qu'elles représentent. Enfin, tous les points d'un plan s'obtiennent, comme on le verra, avec facilité, au moyen des échelles de pente, tandis que par les traces, lorsqu'on veut connaître la projection verticale d'un point dont la projection horizontale est donnée, il faut exécuter une opération graphique assez compliquée. Les avantages que présentent les échelles de pente nous paraissent tellement importans, que nous n'hésitons pas à avancer que dans les questions même de géométrie descriptive, où l'on se sert de deux plans de projection, la plupart des solutions se simplifieraient, si, au lieu des traces, on employait la projection horizontale et verticale de la ligne de plus grande pente de chaque plan.

11. Avant que l'usage des échelles de pente fût connu, on déterminait les plans par trois points cotés, ou par les lignes qu'ils devaient contenir. Ces données étaient suffisantes sans doute, mais il devenait long et difficile d'opérer avec elles, et si l'on y était réduit, on imaginait des méthodes particulières qui

se rapprochaient plus ou moins de celles qu'on verra plus bas, ou bien on faisait usage de coupes et de toutes les ressources ordinaires de la géométrie descriptive. Aussi se donnait-on rarement la peine d'achever complétement un projet de fortification; on indiquait l'idée principale, on faisait quelques dessins pour le détail des ouvrages d'art, et on laissait à l'officier chargé de l'exécution, le soin de faire concorder toutes les parties du projet avec cette idée principale. Mais il devait résulter de grands inconvéniens de cette manière d'agir ; car quelquefois, sans doute, on reconnaissait par les détails que l'idée principale ne pouvait pas être exécutée sans modifications, et il fallait alors refondre à la hâte un projet, au moment où l'on aurait dû songer uniquement à son exécution. Pour être sûr de la bonté d'un projet, il faut qu'il soit établi dans son ensemble et dans ses plus petits détails ; et pour parvenir à le dessiner ainsi, les échelles de pente sont d'une grande ressource, en simplifiant autant que possible la considération des plans.

12. Il est des cas cependant où l'on ne peut plus faire usage des échelles de pente; c'est lorsqu'un plan est horizontal ou vertical : dans le premier cas, une seule cote fixe sa position; dans le second, il suffit de sa trace; et dans l'un comme dans l'autre, les opérations auxquelles il donne lieu deviennent fort simples.

Ce fut M. de Châtillon, commandant l'école de Mézières, qui introduisit le premier dans le corps du génie l'usage des échelles de pente pour la représentation des plans. MM. Dufournis et Ducarla ont perfectionné depuis cette méthode, en imaginant

de représenter les surfaces courbes du terrain par des horizontales tracées sur ces surfaces.

Des Surfaces courbes.

13. La méthode autrefois suivie pour la représentation des surfaces était fort imparfaite, et se trouvait en cela en harmonie avec celles en usage pour le dessin de toutes les parties de la fortification. On se contentait de figurer à peu près le terrain, au moyen de hachures ou de teintes mises au pinceau, et on le coupait en même temps suivant plusieurs directions, par des plans verticaux sur les traces desquels on écrivait quelques cotes appartenant à des points isolés de la surface du sol. Mais une grande partie de cette surface échappait ainsi à la description, et si, pour remédier à ce défaut, on voulait augmenter le nombre des coupes, on était obligé d'écrire une multitude de cotes qui surchargeaient et embrouillaient le dessin. L'œil d'ailleurs suivait toujours difficilement la forme des surfaces, en sorte qu'on ne pouvait opérer sans de nombreux tâtonnemens.

Pourrait-on substituer à cette méthode défectueuse une de celles que Monge indique dans sa *Géométrie*! Non sans doute ; la chose n'est point possible à la rigueur, puisque Monge déduit tous ses moyens de représentation de la génération des surfaces, et que dans le cas dont il s'agit, cette génération n'est point connue. On a donc dû chercher une nouvelle méthode en rapport avec celles qu'on vient d'exposer.

Figure 5. 14. Il est évident d'abord que pour décrire une surface quelconque, dont les divers points ne sont pas liés entre eux par une loi continue, il faut fixer le plus grand nombre possible de ces points au moyen de leurs projections et de leurs cotes. Si tous les points étaient ainsi connus, la surface serait elle-même rigoureusement déterminée ; mais comme on ne saurait arriver à un tel résultat, on se contente d'une approximation, et ce qu'on doit uniquement se proposer, est de trouver un arrangement des points cotés sur le dessin qui laisse le moins possible de parties indéterminées. Or, si l'on se donne d'abord un point quelconque de la surface par sa projection et sa cote, et que l'on considère sur le terrain tous ceux qui ont la même cote, ils formeront par leur réunion une courbe continue, qui ne sera autre chose que l'intersection du sol par un plan horizontal à la cote donnée. Si donc on trace sur le dessin la projection de cette courbe, il suffira de lui appliquer une seule cote pour déterminer rigoureusement le nombre infini de points qu'elle lie entre eux. Si maintenant, auprès de cette première courbe, on en trace une seconde trouvée de la même manière par l'intersection d'un plan horizontal avec le terrain, on aura une seconde série de points qui n'exigeront encore qu'une seule cote. Enfin, on pourra concevoir le nombre des courbes multiplié autant qu'on voudra, et le dessin sera couvert par les projections de courbes horizontales qui décriront toute la surface du sol. Pour simplifier l'usage de cette méthode, on supposera les plans horizontaux des courbes équidistans entre eux, et

l'on prendra pour cette équidistance une division exacte de l'unité de mesure, de manière que toutes les cotes des courbes soient des nombres entiers, ou renferment des fractions simples, comme $70^{m}.0$, $70^{m}.50$, $71^{m}.0$, $71^{m}.50$, $72^{m}.0$, &c..

L'ensemble de ces courbes définit évidemment la surface du sol beaucoup mieux que ne pourraient le faire des points isolés : car, d'une part, le nombre des points dont on a la connaissance est infini; et d'une autre, ces points sont liés entre eux de telle sorte, qu'ils font juger à l'œil, d'une manière assez exacte, les formes de la surface représentée, en indiquant tous ses contours dans le sens horizontal. Mais ce qu'il est important de remarquer encore, c'est qu'en rapprochant suffisamment les plans équidistans, les courbes se trouvent elles-mêmes en général assez voisines les unes des autres, pour qu'on puisse sans erreur sensible substituer aux zones de terrain comprises entre deux d'entre elles, des surfaces gauches engendrées par le mouvement de lignes droites, s'appuyant à-la-fois sur deux courbes consécutives, et restant constamment normales à l'une d'elles. Or, sur de pareilles surfaces, rien n'est plus indéterminé, puisque les directrices, qui sont les courbes horizontales, sont connues par leurs projections et leurs cotes, et que les génératrices s'obtiennent immédiatement en projection, en menant des normales aux courbes. Lorsque cependant, par la nature des pentes du terrain, deux courbes horizontales successives s'écartent beaucoup l'une de l'autre, et présentent leurs courbures de façon que la normale à l'une d'elles coupe l'autre très-obliquement, on substitue à la

génératrice droite une génératrice courbe normale à-la-fois aux deux horizontales successives, et à toute autre horizontale qu'on pourrait concevoir intercalée entre ces deux-ci. On remarquera qu'en agissant ainsi, on ne change pas le mode de génération indiqué plus haut; car si l'on conçoit que la zone dont il s'agit soit subdivisée en un grand nombre de zones fort étroites, chaque partie de la génératrice normale pourra être considérée comme une normale en ligne doite, s'appuyant à-la-fois sur deux courbes. Ainsi, en parlant plus tard des génératrices des zones, nous pourrons toujours en général les regarder comme droites.

Ce qu'on vient d'exposer sur la manière de représenter le terrain, offre d'autant plus de facilité dans l'application, que, les surfaces qu'on exprime ainsi n'étant jamais rentrantes sur elles-mêmes, les courbes horizontales ne se coupent pas, et ne font tout au plus que se toucher dans les points où il se trouve des escarpemens à pic. Ces courbes se détachent donc bien les unes des autres sans présenter de confusion; et comme elles se projettent suivant leur grandeur réelle réduite à l'échelle du dessin, elles suffisent, par leur disposition, pour donner une idée nette du terrain: on n'a, pour cela, qu'à concevoir chacune d'elles relevée à la hauteur donnée par sa cote, et à les supposer toutes reliées par les surfaces gauches dont il vient d'être fait mention. La méthode, en outre, a la plus grande analogie avec celle que nous avons adoptée pour la représentation des plans. C'est en effet par des droites horizontales équidistantes que nous avons défini ces der-

niers : or les droites sont ici remplacées par des courbes, et c'est pour cela qu'on ne peut se dispenser de les tracer. On ne pourrait leur substituer une échelle de pente unique, que dans le cas où toutes les courbes deviendraient semblables, comme dans le cône, dans toutes les surfaces de révolution, &c. La manière de représenter les plans n'est donc, à proprement parler, qu'une application particulière de celle en usage pour les surfaces, et qui se simplifie beaucoup, parce que le plan est un cas particulier fort simple des surfaces en général.

15. Il est très-avantageux de n'être point obligé de tracer sur un dessin toutes les horizontales des plans que l'on emploie, parce que, la plupart de ces plans n'étant que fictifs et se coupant ou se recouvrant de mille manières, ce grand nombre de lignes formerait un réseau qui rendrait un dessin inintelligible. Mais le même inconvénient n'a point lieu pour les courbes horizontales au moyen desquelles on représente la surface du sol, parce que cette surface est unique. Le tracé des courbes d'ailleurs est utile pour faire juger à l'œil la forme du terrain, tandis qu'il suffit, pour concevoir un plan, d'avoir sa ligne de plus grande pente. On doit reconnaître cependant encore, que lorsque leurs horizontales sont tracées, les plans se conçoivent mieux que de toute autre manière ; aussi tous les plans de quelque étendue, existant réellement dans la fortification et dont la pente n'est point insensible, doivent-ils être représentés par leurs horizontales, ce qui n'a dans ce cas aucun inconvénient. C'est ainsi qu'on exprime les plans des glacis, des rampes,

des terre-pleins un peu inclinés, des fonds de fossés, &c. On a soin seulement, pour la clarté du dessin, de tracer ces horizontales en lignes ponctuées, ou avec quelque encre de couleur, afin de ne point les confondre avec d'autres lignes plus essentielles.

16. La détermination des courbes horizontales du terrain et leur projection sur le papier dépendant de l'opération du nivellement et de celle du lever, il ne peut en être question dans ce mémoire, dont le but unique est de s'occuper du dessin. On supposera donc toujours que ces courbes et leurs cotes soient données, ainsi que toutes les autres parties du terrain ou de la fortification sur lesquelles on doit opérer; et c'est d'après cette supposition qu'on raisonnera plus tard, en se proposant de résoudre des questions sur ces lignes.

17. L'emploi des courbes horizontales s'applique particulièrement aux surfaces qui ne sont point susceptibles de définition rigoureuse, telles que celles du sol naturel ou du terrain qu'on lui substitue quelquefois par suite de travaux de terrassement; mais on peut aussi avoir à considérer, dans le dessin de la fortification, des surfaces d'un autre genre, existantes comme résultat de constructions, ou imaginées seulement pour arriver à la solution de quelque question. Il ne serait pas avantageux d'employer pour ces surfaces le même mode de représentation, parce que les courbes horizontales du terrain sont des données primitives rapportées sur le dessin, tandis que les surfaces dont il est question résultant d'opérations postérieures à l'établissement de ces données,

il faudrait déterminer par points chacune de leurs courbes, ce qui serait impraticable à cause de la longueur du travail, et ce qui produirait d'ailleurs sur le papier une confusion qu'on doit éviter avec soin. On a recours, dans ce cas, aux moyens pratiqués dans la géométrie descriptive; c'est-à-dire qu'on définit les surfaces par les élémens de leurs générations; mais on projette toujours ces élémens sur le seul plan horizontal, comme toutes les autres parties dont se compose le dessin (1). S'il s'agit d'un cône, par exemple, on fait en sorte de connaître son sommet et la courbe qui lui sert de base sur un plan horizontal quelconque; si l'on veut définir un cylindre, on tâchera d'avoir pareillement sa base avec la direction de sa génératrice. Mais si ces surfaces se trouvaient données de toute autre manière, on ne chercherait à changer les élémens connus qu'autant qu'ils ne seraient pas commodes pour les opérations qu'on aurait à faire, parce qu'il importe seulement que la surface soit rigoureusement déterminée, et non qu'elle le soit de telle ou telle façon. Quelquefois cependant, il est indispensable qu'une surface soit exprimée d'une manière plutôt que d'une autre. Ainsi, par exemple, s'il se trouve quelque portion de glacis en surface courbe, cette surface, quelle qu'elle soit d'ailleurs, doit être représentée par ses limites et ses courbes horizontales, pour être en harmonie avec le terrain

(1) Nous avons dit plus haut que l'on construisait quelquefois des coupes; mais il faut, autant que possible, que ce moyen ne soit qu'auxiliaire et non pas essentiel, le plan nivelé pouvant suffire à la rigueur.

et les glacis voisins. De même, si quelque parapet cesse, contre l'usage, d'être terminé par des plans, les surfaces qui le composent, coniques, cylindriques ou gauches, seront données par l'inclinaison de leurs génératrices sur le plan horizontal et par leurs intersections avec les surfaces voisines, &c.

18. Nous pourrions terminer ici l'exposé général des moyens de représentation employés dans le dessin de la fortification; mais ce que nous allons ajouter mérite cependant d'être noté, sans être de la même importance que ce qui précède.

Figure 6. Lorsque les pentes du terrain deviennent trop roides pour qu'on puisse les représenter d'une manière distincte au moyen des courbes horizontales, ce qui n'arrive jamais que pour les escarpemens, on se contente de tracer la crête et le pied de ces escarpemens, en ayant soin de prolonger jusqu'à ces deux lignes les courbes horizontales cotées du terrain environnant; et l'on figure ensuite, soit avec des hachures à la plume, soit au moyen du lavis, les divers accidens de la partie escarpée. Si l'escarpement se trouvait interrompu par quelque plateau horizontal ou peu incliné, assez étendu pour qu'on pût y établir un ouvrage ou une construction quelconque, il serait bon d'en marquer le contour et d'y écrire des cotes.

Quand on rencontre des rochers isolés ou groupés sur la surface du sol, on en projette les contours, on les figure au moyen du dessin d'imitation, et l'on écrit quelques cotes sur leurs points les plus remarquables.

Figure 7. 19. Enfin, il arrive ordinairement que le terrain

sur lequel on doit faire des constructions, est formé d'une suite de couches de natures différentes, superposées les unes au-dessus des autres; et il est souvent fort utile de connaître les profondeurs de ces couches, et l'espace qu'elles embrassent. Un terrain, par exemple, peut être composé de roc, d'argile, de sable et de terre végétale ou rapportée, et si l'on a des fondations à construire, il faut savoir à quelles profondeurs on rencontre ces diverses couches. On se contente assez ordinairement de faire quelques sondes aux endroits sur lesquels on doit fonder; cependant, quand on veut agir avec plus de sûreté, on fait établir sur tout l'espace que doit occuper la fortification, une quantité de sondes assez considérable pour qu'en cotant et réunissant convenablement les points appartenant à la surface de chaque couche, on obtienne autant de systèmes de courbes horizontales que le terrain renferme de couches de natures différentes. On a soin seulement d'adopter sur le dessin des encres de couleurs particulières pour les différentes natures de terrain, afin d'éviter la confusion.

SECTION II.

DES OPÉRATIONS LES PLUS ORDINAIRES À EXÉCUTER AU MOYEN DES DONNÉES PRÉCÉDENTES.

20. La géométrie, considérée d'une manière générale, conduit aux solutions de tous les problèmes qui peuvent se présenter sur le point, la ligne, les surfaces et les volumes; et la succession des opéra-

tions particulières indiquées pour parvenir à ces solutions, est indépendante du mode de représentation adopté pour exprimer les données primitives de la question. Mais ces opérations elles-mêmes constituent autant de problèmes élémentaires distincts, qu'il faut savoir exécuter graphiquement, et dont les solutions varient avec les données. Ces problèmes, fort simples en général, se rencontrent habituellement dans la solution du problème plus compliqué par lequel un ingénieur rédige sur le papier un projet de fortification dont il a fixé dans son esprit les dispositions principales; nous nous en occuperons spécialement dans ce qui va suivre, en négligeant les questions complexes dans lesquelles ces problèmes élémentaires se combinent entre eux.

21. La question la plus simple qu'on puisse se proposer, et celle qui se présente le plus souvent dans le dessin des plans nivelés, est celle-ci : *une droite étant donnée par sa projection* AB, *et les cotes de deux de ses points projetés en* A *et* B, *trouver la cote d'un troisième point situé sur cette droite, et dont on se donne la projection* C *sur* AB.

Figure 8.

Si par un des deux points connus de la droite, par celui qui se projette en A par exemple, on conçoit une verticale; que par le second point connu, et dans le plan passant par cette verticale et par la droite donnée, on suppose une horizontale; qu'ensuite, par la projection C, on élève une autre verticale qui rencontre à-la-fois la droite donnée et l'horizontale qu'on vient de tracer; les triangles semblables donneront la proportion suivante :

L'horizontale comprise entre le point dont la projection est B et la verticale élevée en A, est à la verticale comprise entre cette même horizontale et le point dont la projection est A, comme la portion d'horizontale comprise entre le point qui se projette en B et la verticale élevée par C, est à la partie de cette verticale comprise entre l'horizontale et la droite donnée.

Mais il est aisé de s'apercevoir que le premier terme de cette proportion est égal à la projection AB, le second à la différence des cotes des points A et B, le troisième à la ligne BC, et le dernier à la différence de la cote du point cherché à celle du point B. Nommant x la cote cherchée, m et n les cotes des points A et B, on a donc $AB : m - n :: BC : x - n$, d'où l'on tirera la valeur de $x - n$.

On peut, pour obtenir la quantité $x - n$, employer la construction géométrique qui sert à donner les quatrièmes proportionnelles; mais il est plus simple, et plus exact en même temps, de mesurer au moyen de l'échelle du dessin les longueurs AB et BC, et de déterminer arithmétiquement la valeur de $x - n$. La construction géométrique ne serait préférable que dans le cas où l'on voudrait trouver les hauteurs respectives d'un assez grand nombre de points de la droite, et où l'on aurait besoin de connaître en lignes ces grandeurs.

22. Si, au lieu de se donner la projection C d'un point situé sur une droite connue, on se donnait *la cote de ce point, en demandant de déterminer sa projection*, on remarquerait d'abord que cette projection doit se trouver sur la droite AB prolongée,

s'il est nécessaire; et la proportion précédente, dans laquelle x serait connue, donnerait la valeur de BC, qui deviendrait l'inconnue dans ce cas.

23. Lorsque, dans la pratique, il se rencontre une droite sur laquelle on doit avoir souvent à résoudre une des deux questions précédentes, voici le moyen qu'on emploie pour simplifier les opérations.

Figure 9. Sur la droite indéfinie AB, on détermine, comme il vient d'être dit, deux points A′ et B′, dont les cotes soient exprimées en nombres entiers. Soit m mètres la différence des cotes des points A′ et B′. On divisera l'espace A′B′ en m parties égales, de manière que la cote de chaque point de division diffère d'un mètre de celle du point suivant, et l'on prolongera ces divisions au-delà des points A′ et B′, sur toute la longueur de la droite AB. On divisera ensuite l'un des intervalles compris entre deux points de division successifs en dix parties égales, et les cotes des nouveaux points ainsi obtenus ne différeront plus entre elles que d'un décimètre. Enfin, si le peu d'inclinaison de la droite donnée le permet, on subdivisera encore une des nouvelles divisions en dix, ou du moins en cinq ou en deux, pour que les cotes des derniers points de partage soient exprimées en fractions simples du décimètre.

Cela posé, soit C la projection d'un point quelconque de AB, dont on veuille connaître la cote. Celle du point de division en mètres, qui se trouve immédiatement au-dessus du point projeté en C, donne déjà le nombre entier de mètres contenu dans cette cote; ce sera, dans le cas de la figure, 21 mètres.

Prenant ensuite la distance du point 21 au point C, et la portant sur la partie de la droite qui est subdivisée, on connaîtra immédiatement le nombre de décimètres et de centimètres qu'il faut ajouter pour compléter la cote du point C. Si les divisions en centimètres n'étaient point marquées, on les jugerait à vue. Il en serait de même pour les millimètres, dans le cas où l'on pourrait en tenir compte, et où la division comprendrait les centimètres.

Si l'on se donnait la cote d'un point, on trouverait par un moyen analogue la position de sa projection sur la droite AB.

Nous n'insisterons pas davantage sur une pratique dont l'intelligence ne demande d'autre connaissance que celle des premiers élémens de la géométrie. On peut faire observer seulement que ce procédé consiste à former l'échelle de pente de la droite donnée, comme on forme celle d'un plan, et que le but qu'on se propose ainsi, et auquel on arrive en effet, est de marquer *à priori*, d'une manière simple, les cotes et les projections d'un grand nombre de points de la droite, en sorte que tous les points qu'on devra considérer plus tard, coïncident, pour ainsi dire, avec quelques-uns de ceux qui sont déjà connus.

24. Les problèmes précédens fournissent le moyen de vérifier si une suite de points donnés se trouve en ligne droite; car il faut d'abord pour cela que les projections de ces points soient sur une même droite, et ensuite, que deux quelconques d'entre eux étant réunis par une droite, les cotes des autres soient précisément celles qu'on obtiendrait

en cherchant, pour la projection de chacun d'eux, la cote qui lui correspond sur cette droite.

25. Lorsqu'au lieu d'une droite, on considère une courbe, les questions précédentes se résolvent avec la même facilité. On a vu, en effet, que toute ligne était ordinairement donnée par les projections et les cotes d'un grand nombre de ses points, celui qui fait l'objet du problème tombera donc nécessairement entre deux de ces points connus, et comme dans ce petit intervalle, la ligne peut être considérée comme droite, les solutions précédentes s'appliquent tout naturellement au cas présent, et même le plus souvent, à cause du rapprochement des points connus, on pourra désigner à vue, soit la projection du point cherché, soit l'expression de sa cote.

Si la courbe, au lieu d'être donnée par les cotes d'un grand nombre de ses points, l'était par quelque condition qui suffît à sa détermination, la solution devrait varier suivant la nature de ces conditions, et il arriverait de deux choses l'une : ou que les données de la question conduisissent directement à la détermination du point cherché, ce qui résoudrait immédiatement le problème ; ou, plus généralement, qu'on ne pût conclure de ces données qu'une série de points assez rapprochés les uns des autres pour que chaque portion de la courbe comprise entre deux d'entre eux pût être considérée comme une ligne droite, et, dans ce cas, le problème serait ramené à l'un des précédens.

26. Les lignes, comme on l'a dit plus haut, affectent deux positions particulières très-remarquables, l'horizontale et la verticale (la ligne droite peut

seule prendre cette dernière position). Dans le premier cas, tous les points de la ligne ayant la même cote, il suffit de se donner la projection d'un de ces points, pour qu'il soit connu sans aucune opération. Si, en se donnant au contraire la cote d'un des points d'une horizontale, on se demandait la projection correspondante, on remarquerait d'abord que la question ne peut être soluble qu'autant que la cote donnée est celle même de la ligne, et que, dans ce dernier cas, le problème est indéterminé, puisque tous les points de la projection de cette ligne satisfont à la condition exprimée.

L'inverse a lieu, si l'on considère une droite verticale. Le problème est indéterminé lorsqu'on veut connaître la cote d'un de ses points dont on se donne *la projection*, puisque les projections de tous les points de la ligne se confondent en un seul; et le point est immédiatement connu lorsqu'on se donne sa cote, puisque sa projection est celle de la droite elle-même.

Toutes ces propositions sont trop simples pour qu'on doive s'y arrêter; passons à d'autres questions.

27. *Une droite étant donnée par sa projection et les cotes de deux de ses points, trouver son inclinaison par rapport à l'horizon.*

On résoudrait cette question en mesurant l'angle que la droite donnée fait avec sa projection; mais nous devons remarquer ici que dans le dessin de la fortification, lorsqu'il est question de l'inclinaison d'une ligne, on s'occupe moins de l'angle même que cette ligne forme avec l'horizon, que de la tan-

gente de cet angle, c'est-à-dire, du rapport de la différence des cotes de deux points de la droite à la distance qui sépare les projections de ces points, ce qu'on appelle, en d'autres termes, le rapport de la hauteur à la base de la pente. On voit, d'après cela, qu'on aura immédiatement la solution en divisant la différence des cotes données par le nombre qui exprime la distance des projections des deux points connus; mais comme la fraction résultant de cette opération ne sera pas ordinairement simple et de la forme $\frac{1}{a}$, sous laquelle on en fait le plus commodément usage, on pourra la ramener à cette forme au moyen de la division, ou bien l'obtenir immédiatement, en cherchant sur la droite donnée deux points dont les cotes diffèrent entre elles de l'unité métrique, et en mesurant la distance des projections de ces points en fonction de la même unité. C'est ainsi que le rapport cherché se trouvera directement pour une droite dont on aura l'échelle de pente.

De la connaissance du rapport ci-dessus, on passera, si l'on veut, à celle des degrés de l'angle, en faisant usage du rapporteur, ou, plus exactement, au moyen des tables de sinus et tangentes.

28. On pourrait se demander réciproquement de *déterminer une droite dont on se donnerait l'inclinaison par rapport à l'horizon, et qui devrait d'ailleurs satisfaire à quelque autre condition*; car la connaissance de son inclinaison ne suffit pas pour fixer la position d'une droite. Si l'on se donnait, par exemple, sa projection horizontale avec la cote d'un de ses

points, on déterminerait un second point, en prenant sa cote à volonté, et cherchant sa projection. On observerait que le rapport de la différence des deux cotes connues à la distance qui sépare la projection du point cherché de celle du point connu, doit être égal au rapport de la hauteur de la pente donnée à sa base. Cette égalité de rapport fera connaître la position de la projection du point cherché sur la projection de la droite, et le problème aura deux solutions, si l'on ne désigne pas le sens dans lequel doit avoir lieu l'inclinaison donnée.

On arriverait au même résultat en fixant la projection du point cherché, et en opérant ensuite pour déterminer sa cote.

29. Nous n'examinerons pas ici les autres conditions par lesquelles on pourrait achever la détermination d'une droite dont on connaît déjà l'inclinaison; nous nous bornerons à indiquer la solution générale du problème indéterminé dont l'énoncé est de *faire passer par un point donné une droite d'une inclinaison donnée.*

Sur la verticale passant par le point donné, on prend un second point dont la cote diffère de celle du premier d'un nombre exact d'unités métriques. De ce nouveau point comme centre, et avec un rayon dont le rapport à la distance des deux points est celui de la base à la hauteur de l'inclinaison donnée, on conçoit une circonférence de cercle horizontale, qui se projette suivant une circonférence de même grandeur, et dont la cote est celle du point qui lui a servi de centre. Toutes les droites qui joindront un point quelconque de cette circon- Figure 10.

férence avec le point donné, satisferont à la question; et lorsque la droite aura une autre condition quelconque à remplir, on choisira parmi toutes les lignes qui s'appuient ainsi sur la circonférence, celle qui satisfera à la nouvelle condition imposée.

3o. *Deux droites étant données par leurs projections et les cotes de deux de leurs points, déterminer leur intersection dans le cas où elles se coupent.*

Le point d'intersection des deux droites devant se projeter à l'intersection de leurs projections, il suffit de déterminer sur l'une des droites la cote de ce point d'intersection; si les lignes se coupent, cette cote doit appartenir en même temps à la seconde droite. La solution serait la même, si, au lieu de droites dont on voulût vérifier la rencontre, on avait des courbes quelconques.

Il arrive quelquefois que les deux droites données se trouvent dans un même plan vertical; leurs projections se confondent alors, et ces droites se coupent nécessairement, à moins qu'elles ne soient parallèles : mais la détermination du point d'intersection devient un peu plus compliquée que dans le cas général. On peut, si l'on veut, effectuer le rabattement des deux droites sur le plan du dessin, autour de l'horizontale qui leur sert de projection commune, et ramener sur la projection unique, au moyen d'une perpendiculaire, l'intersection des lignes rabattues; cependant, comme on fait usage des plans nivelés dans le but d'éviter les projections verticales, et par suite les rabattemens, il vaut mieux avoir recours au procédé suivant.

Figure 11. Soient *a b* la projection commune de deux droites,

a et b les cotes de deux points de la première, et a' et b' les cotes de deux points connus de la seconde. On cherchera sur cette dernière les cotes de deux nouveaux points a'' et b'' situés sur les verticales des points a et b, et l'on remarquera qu'en nommant c la projection du point cherché, on aura la proportion suivante, $ac : cb :: a'' - a : b - b''$, ou $ac : ac + cb$ ou $ab :: a'' - a : a'' - a + b - b''$, d'où l'on déduira immédiatement la valeur de ac. La projection c étant ainsi connue, on aura la cote du même point par la méthode indiquée n.° 21.

La solution devient plus simple dans le cas où les deux droites se trouvent graduées suivant leur pente; car il suffit alors de chercher sur la projection commune des deux droites, le point unique qui correspond à des cotes égales sur les deux divisions prolongées autant qu'il est nécessaire.

Une dernière solution, qui est souvent la plus commode de toutes, consisterait à faire passer par chacune des droites un plan quelconque; l'intersection des deux plans donnerait une droite sur laquelle se trouverait le point cherché. Mais cette solution repose, comme on voit, sur une question relative aux plans, dont nous ne nous sommes pas encore occupés. Nous ne tarderons pas à y revenir.

Si les deux droites données, au lieu d'être dans un même plan vertical, se trouvaient l'une et l'autre horizontales, elles ne se rencontreraient qu'autant qu'elles auraient la même cote.

31. *Par un point donné, mener une droite parallèle à une droite donnée.*

Il est évident, d'abord, que la projection de la

entre eux, et sur la droite de jonction indéfiniment prolongée, on cherchera un nouveau point dont la cote soit la même que celle du troisième point donné. La ligne qui réunira ces deux points à la même cote, sera l'une des horizontales du plan; et la perpendiculaire abaissée sur elle par un des deux premiers points, sera la ligne de plus grande pente cherchée, qui sera complétement déterminée, puisque sa projection sera perpendiculaire à celle de l'horizontale, et qu'on connaîtra les cotes de deux de ses points. Il ne restera donc plus qu'à diviser sa projection en parties égales, en des points dont les cotes diffèrent l'une de l'autre d'une unité métrique, pour avoir l'échelle de pente du plan. Cette division se fera comme il a été indiqué plus haut, n.° 23. Toute droite parallèle à celle-ci, et qui s'appuiera sur les mêmes horizontales, pourra également servir d'échelle de pente.

La solution serait la même, si, au lieu de trois points, on se donnait deux droites qui se coupent, puisqu'on en déduirait immédiatement la connaissance de trois points au moins.

Figure 13. 35. Si le plan était connu par deux de ses points et son inclinaison avec l'horizon, on remarquerait que l'inclinaison du plan est la même que celle de sa ligne de plus grande pente : si donc on conçoit par un des points donnés un plan horizontal, et que par la projection du second point sur ce plan on décrive une circonférence horizontale, telle que toutes les droites qui s'y appuient en passant par le second point aient l'inclinaison donnée, l'échelle de pente cherchée devra être une de ces droites.

Mais de plus il faut que cette échelle soit perpendiculaire aux horizontales du plan. Donc, si par le premier point donné on mène une tangente à la circonférence qui se trouve dans son plan horizontal, cette ligne sera l'une des horizontales du plan, qui achevera de déterminer la ligne de plus grande pente, dont il ne restera plus ensuite qu'à diviser la projection convenablement pour avoir l'échelle de pente. On voit que le problème aura en général deux solutions; qu'il n'en aura qu'une lorsque l'inclinaison de la droite qui joint les points donnés, sera précisément égale à celle du plan; enfin, que le problème deviendra insoluble, lorsque l'inclinaison donnée sera moindre que celle de cette droite.

36. On peut aussi se donner un plan *par un de ses points, son inclinaison avec l'horizon, et la direction de cette inclinaison, ou, ce qui revient au même, celle des horizontales.* Les données de la question font connaître immédiatement une des horizontales du plan, celle qui passe par le point donné; l'échelle de pente est une perpendiculaire à cette ligne, et l'on n'a plus qu'à la diviser de façon que sa pente soit égale à la pente donnée pour le plan (n.° 28). Ce problème revient évidemment à celui-ci: mener, par un point donné, un plan parallèle à un autre plan donné.

37. On conçoit qu'on pourrait multiplier à l'infini les conditions par lesquelles on se donne un plan; et vouloir les examiner toutes, ce serait demander la solution de tous les problèmes où l'on se propose de déterminer un plan au moyen de quelqu'une

des propriétés dont il doit jouir dans l'espace, par rapport aux grandeurs qui forment un système avec lui. Nous devons nous en tenir aux données les plus simples qui fixent ordinairement la position d'un plan, à celles auxquelles les autres conditions finissent par se réduire en dernière analyse. Quelles que soient au surplus les données établies, il faut chercher à en déduire la connaissance de deux horizontales du plan, ou, ce qui revient au même, la connaissance d'un point et d'une horizontale, d'où l'on conclut immédiatement l'échelle de pente du plan. Les horizontales sont en général, de toutes les lignes qu'on peut tracer sur un plan, celles qu'on obtient le plus aisément, et celles aussi sur lesquelles il est le plus commode d'opérer, parce qu'elles se projettent suivant leur véritable direction, et que leurs positions relatives ne sont par conséquent altérées que le moins possible par la projection.

38. L'échelle de pente d'un plan étant supposée construite, nous avons dit que tous les points du plan se trouvaient déterminés; voyons comment nous pourrons en effet *trouver la cote du point d'un plan dont on se donne la projection*, ou, réciproquement, *trouver la projection d'un point dont on se donne la cote.*

Figure 14. Soit donné un point en projection horizontale. On remarquera que par ce point il passe toujours une horizontale appartenant au plan, qui se projette suivant une perpendiculaire à l'échelle de pente. Donc, si par la projection connue du point cherché on abaisse une perpendiculaire sur l'échelle de pente,

cette perpendiculaire sera la projection de l'horizontale; sa cote sera celle du point où elle rencontre l'échelle, et en même temps celle du point cherché.

Si l'on se donne la cote d'un point, et qu'on demande sa projection, le problème est évidemment indéterminé ; car on peut toujours trouver sur l'échelle de pente indéfiniment prolongée, un point qui ait la cote donnée, et si l'on trace par ce point une perpendiculaire à l'échelle, ce sera la projection d'une horizontale du plan, dont tous les points auront la cote donnée, et satisferont par conséquent à la question. Il faudrait, pour que le point pût être déterminé, qu'il eût à remplir quelque condition particulière, comme, par exemple, de se projeter sur une ligne donnée, ou toute autre analogue.

39. La question précédente indique le moyen de tracer par un point donné une horizontale sur un plan dont on connaît l'échelle de pente, ou de tracer sur ce même plan une horizontale à une cote donnée; *mais* on peut facilement aussi résoudre cet autre problème : *par un point donné, mener sur un plan une droite d'une inclinaison donnée.* On tracera sur le plan une horizontale dont la cote diffère d'un mètre de celle du point donné; puis, de ce point, avec un rayon égal à la base de l'inclinaison donnée, la hauteur étant égale à l'unité, on décrira un arc de cercle qui coupera généralement l'horizontale en deux points : les droites qui joindront ces points d'intersection avec le point donné, satisferont à la question. Figure 15.

On remarquera que ce problème n'est autre qu'un de ceux compris dans l'énoncé général du n.° 29.

Passons maintenant à la combinaison des plans entre eux, ou avec des lignes qui ne soient pas comprises sur leur surface.

Figure 16. 40. *Deux plans étant donnés, trouver leur intersection.*

On tracera sur le premier plan deux horizontales quelconques dont on connaisse les cotes ; puis, sur le second plan, on menera deux autres horizontales ayant les mêmes cotes que les deux premières : ces quatre lignes se couperont deux à deux, et la réunion par une droite de leurs points de concours sera l'intersection cherchée. Il est inutile d'observer que, dans la pratique, on choisit les horizontales dans la position la plus convenable ; qu'on profite de celles qui peuvent être déjà tracées sur un des plans ; que si d'avance on connaissait un des points de l'intersection des plans, on se contenterait d'en déterminer un second au moyen d'une horizontale seulement de chaque plan ; qu'il suffirait également de chercher un seul point de l'intersection des plans, si l'on avait une ligne à laquelle cette intersection dût être parallèle, ou qu'elle dût satisfaire à quelque autre condition aussi simple. Si, dans tous ces cas, on déterminait un second point de l'intersection, ce ne serait que comme vérification des opérations précédentes.

Si l'un des plans donnés était horizontal, on n'aurait qu'à chercher sur le second plan quelle est l'horizontale à la cote du premier, ce qui se ferait facilement en prenant sur l'échelle de pente ou sur toute autre ligne du plan incliné, un point qui eût cette cote, et en traçant ensuite par ce point la pro-

jection de l'horizontale appartenant au plan incliné.

41. S'il arrivait que les horizontales des deux plans fussent parallèles entre elles, on en conclurait que l'intersection serait elle-même une horizontale parallèle à celles-ci, il suffirait donc de déterminer un de ses points, et le moyen le plus simple de le faire, serait de concevoir un troisième plan arbitraire dont on prendrait les intersections avec les deux plans donnés; le point de rencontre de ces deux lignes serait le point cherché. On pourrait encore, si les échelles des deux plans étaient connues, ramener les lignes de plus grande pente dans un même plan vertical, et chercher leur intersection qui appartiendrait à celle des deux plans. Ce moyen plus direct serait moins simple que le premier, qu'on devra le plus souvent employer. On pourra même avoir recours à deux plans auxiliaires pour déterminer l'intersection de deux autres plans dont les horizontales ne seraient pas parallèles, mais feraient néanmoins entre elles un angle assez petit pour ne se rencontrer que trop obliquement et souvent hors du dessin. On remarquera que quand on parle ici de *plan auxiliaire*, on entend seulement deux horizontales cotées qui comprennent entre elles un plan, et ces horizontales pouvant avoir une direction tout-à-fait arbitraire, on les choisit de manière qu'elles coupent convenablement celles des plans donnés. Figure 17.

42. La solution générale qu'on vient d'indiquer, est indépendante des données par lesquelles les plans sont fixés sur le dessin, et elle devra rester la même, que les plans soient connus par trois de leurs points, par deux points et leur inclinaison, par leurs

échelles de pente ou de toute autre manière. Mais on remarquera seulement que l'opération sera la plus simple possible quand on aura immédiatement les échelles de pente, parce que, dans ce cas, les horizontales dont on a besoin se traceront directement, sans qu'il soit besoin d'aucune construction préalable. Il en est de même de toutes les autres opérations qu'on peut avoir à faire sur les plans : il y aura toujours moyen de suppléer les échelles de pente, puisque les données qui déterminent les plans leur sont nécessairement équivalentes ; mais les constructions seront en général beaucoup plus simples par l'emploi des échelles, ce qui fait que lorsque, dans un dessin, il se rencontre un plan sur lequel doivent être faites plusieurs opérations successives, il est bon de déterminer d'abord son échelle de pente.

Figure 18. 43. Lorsque deux plans inclinés se rencontrent, si on les suppose l'un et l'autre prolongés des deux côtés de l'intersection commune, ils se recouvrent mutuellement, de façon que celui qui est supérieur d'un côté de l'intersection est inférieur de l'autre côté. Il est souvent utile de savoir quel est, dans une partie déterminée, celui des deux plans qui se trouve au-dessus de l'autre : on le reconnaîtra en examinant deux horizontales de ces plans ; celle de ces deux lignes qui fera le plus petit angle avec la partie ascendante de l'intersection commune, appartiendra au plan supérieur.

Les deux plans en se coupant forment quatre angles dièdres, dont deux latéraux, un inférieur à l'intersection, et un autre supérieur : ces deux derniers sont les seuls qu'on puisse rencontrer lorsque

les plans qui se coupent existent réellement comme limites de quelque partie de la fortification. On dit que ces plans *forment arête*, lorsque l'angle est situé au-dessous de l'intersection, et qu'ils *forment gouttière*, lorsque le contraire arrive. Dans le premier cas, deux horizontales de niveau de la partie existante des plans font un angle dont le sommet se dirige vers la partie descendante de l'intersection; dans le second cas, cet angle tourne son sommet vers la partie ascendante de la même droite. Si l'intersection des plans, cependant, était horizontale, cette règle ne serait plus applicable; mais il suffirait de considérer une horizontale quelconque de la partie existante des plans. Si la cote de cette horizontale est plus grande que celle de l'intersection, les plans forment arête; ils forment gouttière dans le cas contraire.

44. La question précédente conduit directement à la solution de celle-ci : *trouver l'intersection d'une droite et d'un plan.* On concevra par la droite un plan quelconque, dont on cherchera l'intersection avec le plan donné; la droite d'intersection devra contenir le point cherché, qui se trouvera par conséquent à la rencontre de cette ligne et de la droite donnée. Figure 19.

On remarquera, comme ci-dessus, que puisque le plan auxiliaire n'a d'autre but que de fournir son intersection avec le plan donné, on devra s'occuper uniquement de chercher cette intersection, ce qu'on fera en menant par deux points de la droite donnée deux horizontales quelconques parallèles entre elles, et en prenant leurs intersections avec les horizontales aux mêmes cotes sur le plan donné.

Il doit être bien entendu que si l'on connaissait déjà

d'avance, par ses horizontales, quelque plan passant par la droite donnée, on pourrait se servir de ce plan comme auxiliaire, et chercher son intersection avec le plan donné. Cette circonstance se présente presque toujours dans le dessin de la fortification, où il est bien rare qu'on ait à opérer sur des lignes isolées et qui n'appartiennent pas à quelque plan existant et connu.

On fera remarquer encore que la solution se simplifierait, si la droite ou le plan venaient à affecter une position singulière, comme l'horizontale ou la verticale. Il n'est personne qui ne voie quelles sont les modifications à lui apporter dans ces cas.

Figure 20. 45. *Par un point donné, mener un plan parallèle à un autre, et dont toutes les cotes, par conséquent, diffèrent d'une même quantité de celles du plan donné qui sont prises sur les mêmes verticales.*

Ce problème a déjà été présenté sous un autre point de vue, n.° 36, et est un des plus simples qu'on puisse se proposer. Les horizontales du plan cherché seront parallèles à celles du plan donné, et si on les considère avec ces dernières deux à deux dans les mêmes plans verticaux et se confondant par conséquent en projection, leurs cotes différeront d'une quantité constante, qui sera la distance verticale entre le point et le plan donnés. On pourra d'après cela construire l'échelle du plan cherché, qui ne différera que par les cotes de celle du plan donné.

Figure 21. 46. *Par deux droites données, faire passer deux plans parallèles entre eux.*

Cette question rentre déjà dans quelques-unes des précédentes. La géométrie nous apprend en effet

que chacun des plans cherchés, passant par une des droites, doit passer en même temps par une parallèle à l'autre, menée par un point de la première : or, nous savons comment on fixe la position d'une droite qui est parallèle à une autre et passe par un point donné; nous savons également comment on trouve l'échelle de pente ou les horizontales d'un plan qui passe par deux droites connues; nous sommes donc en état, par ce qui précède, de tracer graphiquement la solution du problème.

La solution serait indéterminée si les deux droites étaient parallèles; elle serait impossible si ces deux droites se coupaient, ou du moins les deux plans se confondraient alors en un seul.

47. Les principes exposés précédemment suffisent pour résoudre tous les problèmes relatifs aux lignes et aux plans, qui se rencontrent ordinairement dans un dessin de fortification, parce que, nous le répétons, on n'a pas souvent de grandeurs absolues situées dans des plans obliques à considérer dans toutes ces questions, et qu'il ne reste plus qu'à combiner convenablement et d'après les règles de la géométrie, les moyens de solution que nous venons d'indiquer. Cependant, parmi les problèmes qu'il nous resterait encore à examiner si nous voulions considérer d'une manière plus générale la géométrie ramenée à un plan, nous en choisirons quelques-uns des plus simples, que nous résoudrons sans nous écarter des conditions que nous nous sommes imposées d'abord, savoir de ne faire usage que d'un plan de projection, et d'éviter les rabattemens.

48. *Une droite d'une grandeur finie étant donnée*

par sa projection et les cotes de ses extrémités, trouver sa grandeur absolue.

Si par une des extrémités de la droite donnée, on conçoit une horizontale parallèle à la projection de cette droite et terminée à la verticale abaissée de l'autre extrémité, la longueur cherchée sera l'hypothénuse d'un triangle rectangle dont un des côtés est cette horizontale ou la projection elle-même de la droite, et le second, la différence des cotes données : on l'obtiendra donc facilement, soit en nombre, soit en ligne.

Réciproquement aussi, on peut avoir *à porter sur une droite indéfinie, et à partir d'un certain point, une longueur donnée.* Pour résoudre ce problème, on prendra sur la projection de la droite une longueur arbitraire, et l'on en déduira, comme on vient de voir ci-dessus, la longueur correspondante mesurée sur la droite elle-même ; cela fait, on trouvera, par le moyen d'une quatrième proportionnelle, la grandeur de la projection de la longueur donnée. On portera donc cette grandeur sur la projection de la droite, à partir de la projection du point donné, et l'on n'aura plus, pour terminer complétement la solution, qu'à calculer la cote de l'extrémité de la longueur portée.

49. *Par un point donné, abaisser une perpendiculaire sur un plan.*

On remarquera d'abord que la projection de la perpendiculaire doit avoir la même direction que l'échelle de pente du plan, et par conséquent se confondre avec elle, en supposant cette dernière menée par la projection du point donné.

Figure 22. Cela posé, imaginons pour un moment que la

perpendiculaire soit représentée dans le plan vertical qui la contient, ainsi que la ligne de plus grande pente du plan donné; soit AB la ligne de plus grande pente, C le point donné, et CD, perpendiculaire à AB, la perpendiculaire au plan. Nous concevrons par le point C une horizontale CM; nous prendrons sur cette horizontale une distance MO égale à un certain nombre d'unités métriques, et nous éleverons la verticale O*m*, prolongée jusqu'à AB : la cote du point *m* se trouvera immédiatement au moyen de l'échelle de pente du plan. Portons maintenant, à partir du point C, sur la même horizontale, une longueur CP égale à la verticale O*m*. On observera que la verticale P*n*, prolongée jusqu'à la rencontre de CD, sera précisément égale à *l'horizontale* OM. Donc, si à partir du point M de l'échelle de pente dont la cote est la même que celle du point C, ou même à partir d'un quelconque de ses points, on prend sur cette échelle une longueur MK égale à un nombre déterminé d'unités, que du point C on porte sur la même ligne une longueur CL égale à la différence des cotes des points M et K, la cote du point L, appartenant à la perpendiculaire, différera de celle du point C d'un nombre égal à celui des unités portées de M en K; on aura donc ainsi un second point de la ligne cherchée. Figure 23.

Cette solution est extrêmement simple dans la pratique, et ne demande aucune espèce de construction, ni d'autre opération qu'une soustraction de cotes. Ayant deux points de la perpendiculaire, on en obtiendra un tel nombre qu'on voudra. On pourra

enfin déterminer le pied et la longueur de la perpendiculaire, ce qui fera connaître la distance du plan au point donné.

La solution serait la même si le point donné était pris sur le plan.

Figure 24. Si le plan n'était pas connu par son échelle de pente, et qu'on ne voulût point se donner la peine de la construire et de la diviser, la solution s'obtiendrait toujours par le même principe. On tracerait deux des horizontales du plan, ce qui donnerait déjà le moyen de déterminer la projection de la perpendiculaire; on porterait ensuite sur cette projection, à partir du point donné, une longueur égale à la différence des cotes des deux horizontales, et la cote de l'extrémité de cette longueur différerait de la cote du point donné d'une quantité égale à la mesure de la distance qui sépare les projections des deux horizontales du plan. Quant au sens dans lequel doit être prise cette différence, on le reconnaîtra en remarquant que la perpendiculaire doit descendre dans un sens opposé à celui du plan, en sorte que si les horizontales ont des cotes qui vont en croissant à mesure qu'on avance de la droite vers la gauche du point donné, les cotes de la perpendiculaire doivent croître au contraire de la gauche à la droite, et réciproquement.

Si le plan donné était horizontal, la perpendiculaire serait la verticale même du point donné; si le plan était vertical, la perpendiculaire serait horizontale et dans une direction perpendiculaire à la trace du plan.

5o. *Par une droite donnée, faire passer un plan perpendiculaire à un autre plan donné.*

La solution de ce problème est une conséquence immédiate du problème précédent, puisqu'il suffit d'abaisser par un des points de la droite une perpendiculaire sur le plan, et de faire passer un plan par cette perpendiculaire et par la droite donnée.

51. *Par un point donné, mener un plan perpendiculaire à une droite donnée.*

L'échelle de pente du plan cherché devra avoir la même direction que la projection de la droite: donc, si par la projection du point donné on abaisse une perpendiculaire sur cette direction, ce sera la projection de l'horizontale du plan cherché, passant par le point donné et l'on pourra prendre pour un des points connus de l'échelle, l'intersection de la projection de cette horizontale avec la projection de la droite donnée. Dès-lors, le problème rentrera tout-à-fait dans celui du n.° 49; car on peut considérer la projection de la droite donnée comme l'échelle de pente d'un plan auquel la ligne de plus grande pente du plan cherché doit être perpendiculaire.

52. Enfin, la même solution s'appliquera encore à ce dernier problème : *abaisser d'un point donné une perpendiculaire sur une droite donnée.* On commencera par faire passer par le point donné, un plan perpendiculaire à la droite, on cherchera la rencontre de la droite et du plan, et l'on joindra ce point d'intersection avec le point donné.

On n'insiste pas sur ces solutions, parce qu'elles se tirent toutes directement des principes de la géométrie élémentaire, et que la seule chose à connaître pour les résoudre graphiquement, est la ma-

la perpendiculaire avec le point de rencontre de la droite donnée et du plan, ce qui fera connaître l'angle formé par cette ligne et par l'intersection des deux plans. Si donc, par le pied de la perpendiculaire abaissée sur le plan donné, on fait passer un plan perpendiculaire à la droite qui va de ce point à la rencontre de la droite donnée et du plan, qu'on prenne l'intersection de ce plan avec le plan donné, que sur cette intersection, et à partir du pied de la perpendiculaire, on mesure une longueur telle que son rapport à la distance comprise entre le pied de la perpendiculaire et le point d'intersection de la droite donnée et du plan soit égal à la tangente de l'angle formé par la droite de jonction et l'intersection des deux plans, l'extrémité de cette longueur appartiendra au plan cherché, et achevera par conséquent de le déterminer, puisqu'on connaît déjà une droite par laquelle il doit passer.

On pourrait encore résoudre le problème de cette autre manière. Après avoir abaissé une perpendiculaire sur le plan donné par un des points de la droite donnée, on ferait passer par le même point un plan perpendiculaire à cette droite, et l'on chercherait son intersection avec le plan donné ; du pied de la perpendiculaire jusqu'à cette intersection, on porterait une longueur dont le rapport à la longueur de la perpendiculaire fût égal à la tangente de l'angle donné; on joindrait l'extrémité de cette distance au point d'où l'on aurait abaissé la perpendiculaire, et cette ligne de jonction donnerait la direction de l'échelle de pente du plan cherché. Le problème aura en général deux solutions; dans cer-

tains cas il n'en aura qu'une; dans d'autres, *il sera insoluble.*

58. Nous terminerons ici l'examen des questions dans lesquelles on ne fait entrer que des combinaisons de droites et de plans. Nous en avons même dit beaucoup plus qu'il n'est nécessaire pour l'objet que nous avons principalement en vue dans ce mémoire; aussi allons-nous passer à la considération des surfaces. Mais toutefois, pour faire voir qu'on peut, à l'aide des données que nous avons établies, résoudre les questions qui sont exposées dans la Géométrie descriptive de Monge, nous exécutons sur la figure 26 la solution de ce problème : *trouver la position et la longueur de la ligne de plus courte distance entre deux droites données.* Figure 26.

59. On a pu, dans ce qui précède, indiquer et exécuter graphiquement les solutions rigoureuses des questions qu'on se proposait, parce que la droite et le plan sont des grandeurs susceptibles de définitions rigoureuses; mais il n'en est plus ainsi lorsqu'on agit sur des surfaces quelconques, connues seulement par un certain nombre de leurs horizontales, entre lesquelles les zones comprises restent indéterminées. On substitue, il est vrai, à ces zones de la surface donnée, des portions de surfaces gauches dont la génération est connue et sur lesquelles il semblerait qu'on pût agir exactement; mais il est à remarquer que les courbes horizontales qui servent de bases à ces surfaces, ne sont données que par leur tracé, et nullement par une loi qui lie entre eux les points dont elles se composent. Il s'ensuit qu'on ne peut faire sur ces courbes des opérations bien

exactes ; que ce n'est qu'approximativement qu'on peut prendre leurs intersections avec d'autres lignes, qu'on peut leur mener des tangentes, des normales, &c. Ce n'est donc aussi qu'approximativement qu'on peut opérer sur les surfaces qu'elles définissent.

60. Lorsque sur une surface donnée par des courbes horizontales cotées, on doit considérer quelques points intermédiaires à ces courbes, leur détermination approximative ne souffre aucune difficulté. Soit donné, par exemple, par sa projection entre deux courbes connues, un point dont on demande la cote. On menera par la projection donnée du point, une normale à l'une des courbes voisines, et cette droite pourra être regardée, sans erreur sensible, comme la projection d'une ligne qui s'appuie entièrement sur la surface dans l'espace compris entre les deux horizontales. Les cotes extrêmes de cette droite sont connues, puisqu'elles sont celles mêmes des horizontales sur lesquelles elle s'appuie ; il suffira donc d'une simple proportion, dans laquelle un des termes sera ordinairement égal à l'unité, pour trouver la cote du point cherché.

Au lieu de se donner la projection d'un point dont on demande la cote, on pourrait se donner une cote qui ne fût pas exactement une de celles des courbes connues, et chercher la projection de la suite de points auxquels cette cote appartient sur
Figure 5. la surface. On voit d'abord que ces points forment une courbe horizontale comprise entre celles des courbes connues dont les cotes comprennent entre elles la cote donnée. Entre les projections de ces deux courbes horizontales, on menera à l'une d'elles

une suite de normales aussi rapprochées qu'on voudra; ces lignes seront les projections des génératrices de la surface; et comme chacune d'elles est connue par deux cotes, on trouvera facilement celui de leurs points dont la cote est égale au nombre donné (n.° 21). La réunion de tous ces points formera la courbe cherchée.

C'est par cette méthode qu'on intercale autant de courbes horizontales qu'on veut entre d'autres courbes horizontales connues. Si ces nouvelles courbes doivent être équidistantes, il suffit de diviser chacune des normales qu'on a d'abord tracées, en parties égales, par autant de points qu'on veut intercaler de courbes, et de réunir ensuite convenablement ces points.

61. *Une surface courbe étant donnée par ses horizontales, tracer sur elle, à partir d'un point donné, une courbe dont la tangente fasse toujours le même angle avec le plan horizontal.* Figure 27.

La distance qui sépare les plans des courbes horizontales étant connue, on regardera cette équidistance comme la hauteur de la pente constante que doit avoir la tangente à la courbe cherchée, et l'on prendra une ouverture de compas égale à la base de la même pente. Par la projection du point donné, on tracera une droite dont la longueur comprise entre les deux courbes voisines soit égale à cette ouverture de compas : les deux extrémités de cette droite appartiendront à la projection de la courbe cherchée. A partir d'un de ces points, on reportera la même ouverture de compas jusqu'à la courbe suivante, et l'on aura un nouveau point à

partir duquel on reportera encore la même distance jusqu'à la courbe suivante, et ainsi de suite. La réunion de tous les points ainsi obtenus, tant au-dessus qu'au-dessous du point de départ, formera la projection de la courbe cherchée, dont les cotes seront connues au moyen de celles des courbes horizontales de la surface donnée.

On remarque, 1.° que la solution ne serait absolument rigoureuse que si les courbes données étaient infiniment rapprochées, et qu'elle est inexacte lorsque les courbes sont assez écartées pour que la surface ne puisse pas être considérée comme plane dans l'espace qu'occupe la longueur de la base de la pente; mais alors, pour obtenir une exactitude suffisante, on intercalera de nouvelles horizontales entre les premières, sur le chemin que doit parcourir la courbe inclinée (n.° 60);

2.° Que pour que la courbe inclinée puisse être continue jusqu'aux limites de la surface donnée, ou, en d'autres termes, pour que la solution ne devienne pas impossible au bout d'un certain espace, il faut qu'en chacun des points où l'on doit porter, entre deux courbes horizontales, une ouverture de compas égale à la base de la pente, cette ouverture de compas soit au moins aussi grande que la plus courte distance qui sépare les deux courbes;

3.° Que si l'on ne s'impose pas la condition d'éviter les points de rebroussement, et si l'on n'indique pas le sens dans lequel la courbe doit se diriger, le problème aura un nombre indéfini de solutions: car, par le point donné, on peut en général mener entre les courbes voisines deux droites au moins dont

la longueur soit égale à la base de la pente ; par l'extrémité de chacune de ces lignes, on peut encore porter sur la courbe suivante, en deux points différens, une longueur pareille, et ainsi de suite pour tous les autres points ; ce qui fournira un nombre très-grand de combinaisons, parmi lesquelles on s'arrêtera à celles qui conviendront le mieux à l'objet qu'on se propose.

62. *Trouver l'intersection d'une surface donnée par les projections de ses courbes horizontales équidistantes, avec un plan donné.* Figure 28.

On tracera la suite des horizontales du plan qui ont les mêmes cotes que les courbes données. Chacune de ces horizontales se trouvera donc avec une des courbes dans un même plan, et la coupera généralement en plusieurs points qui se projetteront suivant les intersections des projections de ces lignes. La suite de ces points de projection réunis convenablement par une courbe, formera la projection de l'intersection cherchée, qui sera cotée en tous ses points de rencontre avec les horizontales du plan ou de la surface. On observera pour la réunion des points, que tous ceux pour lesquels les horizontales du plan, après avoir été, dans le même sens, extérieures à la surface, commencent à la pénétrer, doivent former une même branche de la courbe, et que ceux au contraire où ces horizontales, après avoir été intérieures, commencent à ressortir de la surface, forment une autre branche ; en sorte qu'il ne faut jamais réunir un point de pénétration avec un point de sortie.

Si le plan donné était horizontal, l'intersection

serait une des horizontales de la surface, ou une horizontale intercalée. Si le plan était vertical, l'intersection se confondrait en projection avec la trace du plan.

63. L'opération devient moins simple lorsque la surface est donnée par des points cotés isolés, au lieu de l'être par ses courbes horizontales. On promène la branche d'une équerre parallèlement aux horizontales du plan, en l'arrêtant sur la projection de chacun des points donnés, et l'on remarque quelle est la cote de l'échelle de pente qui correspond à chaque station. Lorsqu'on rencontre un point dont la cote est la même que celle qui est donnée par l'échelle de pente, on en conclut que ce point appartient à l'intersection. Lorsqu'il se trouve deux points voisins, tels que, la cote de l'un d'eux étant plus grande que celle de l'échelle de pente, la cote de l'autre est plus petite que la cote correspondante de la même échelle, on peut être assuré qu'il existe un point d'intersection entre ces deux points; on les réunit donc par une droite que l'on suppose appartenir à la surface, et l'intersection de cette droite avec le plan donné fait connaître un point de l'intersection cherchée. La réunion de tous ces points donne la courbe d'intersection.

Figure 29.

64. Le problème précédent nous donne le moyen de trouver l'intersection d'une droite et d'une surface, puisqu'en faisant passer un plan quelconque par cette droite, et prenant son intersection avec la surface, la rencontre de la projection de cette intersection avec la projection de la droite donne la projection du point cherché.

Une opération analogue sert à trouver l'intersection d'une courbe et d'une surface. Cette intersection, pour la courbe ou pour la droite, peut aussi se trouver directement, en considérant sur la surface la courbe qui a la même projection que la ligne donnée, et en cherchant son intersection avec cette dernière au moyen d'une quatrième proportionnelle, comme il a été dit au n.° 30.

65. *Trouver l'intersection de deux surfaces données par leurs courbes horizontales.* Figure 30

D'après ce qui précède, cette question est trop simple pour que nous devions nous y arrêter beaucoup. On considérera sur les deux surfaces deux courbes qui aient la même cote; elles se trouveront dans un même plan horizontal, et par conséquent se couperont généralement en plusieurs points. On prendra ensuite deux autres courbes ayant la même cote, voisines des deux précédentes, et l'on marquera également leurs intersections; on agira de même sur tous les couples d'horizontales au même niveau; puis on réunira tous ces points d'intersection par une ou plusieurs courbes, en observant à cet égard ce qui a été prescrit n.° 62 pour l'intersection d'un plan et d'une surface.

Nous ne nous occuperons pas du cas où les deux surfaces seraient données par des points isolés; la solution pourrait être la même, mais d'une exécution plus compliquée seulement.

66. On pourrait avoir à résoudre quelques-unes des précédentes questions d'intersection, sur des surfaces données par leur génération, comme des cônes, des cylindres, des surfaces de révolution quelconques,

des surfaces gauches, &c. On doit avoir recours alors aux solutions indiquées dans la Géométrie descriptive de Monge, en ramenant toutefois les opérations à un seul plan, ce qui n'offre pas en général de difficulté. Nous n'indiquerons ici aucune
Figure 31. de ces solutions ; mais nous dessinerons sur les planches l'épure de l'intersection d'un cône et d'un hyperboloïde de révolution dont l'axe est vertical.

Figure 32. 67. *Par un point donné sur une surface décrite au moyen de courbes horizontales, mener un plan tangent à cette surface.*

On sait qu'un plan est tangent à une surface en un point, lorsqu'il passe par les tangentes à deux sections faites en ce point sur la surface, ou, en d'autres termes, par les élémens des deux courbes de section. Si donc, par le point donné, on mène une tangente à la courbe horizontale de la surface qui passe en ce point, cette tangente devra appartenir au plan cherché et sera son horizontale. Concevons maintenant un plan perpendiculaire à cette horizontale; il coupera la surface suivant une courbe, dont l'élément passant par le point donné appartiendra au plan cherché, et de plus se trouvera dans la direction de sa ligne de plus grande pente : mais cet élément est connu, car sa projection est perpendiculaire à la tangente horizontale passant par le point donné, et les cotes de ses extrémités sont celles des deux courbes horizontales voisines, sur lesquelles il s'appuie; l'échelle de pente se trouvera donc ainsi complètement déterminée.

On remarquera que si les courbes horizontales étaient infiniment rapprochées, le problème n'au-

rait qu'une solution ; car les deux élémens de la courbe perpendiculaire les plus voisins du point donné, l'un au-dessus et l'autre au-dessous, se confondraient en direction, et ne donneraient qu'une tangente. Mais si les courbes sont séparées par une distance déterminée, ainsi qu'il arrive toujours dans la pratique, et que le point donné tombe sur une des horizontales qui servent à définir la surface, on aura en général deux élémens, et par suite deux plans différens, suivant que l'on considérera la courbe supérieure ou la courbe inférieure à celle qui passe par le point donné. Bien plus, on peut concevoir que l'un de ces deux plans tangens tourne autour de son horizontale de contact, en se détachant de l'élément suivant lequel il touchait la surface, jusqu'à ce que la partie qui était dans le prolongement de cet élément vienne se rabattre sur l'autre plan ; et dans toutes les positions qu'il pourra prendre dans ce mouvement, il satisfera toujours à la condition de ne pas couper la surface au point donné, en sorte que le problème aura une infinité de solutions comprises entre deux limites fournies par les plans primitifs de contact, et parmi lesquelles on choisira, dans chaque cas, celle qui offrira le plus d'avantages pour l'objet dont il sera question.

68. Lorsque, dans la pratique, on est conduit à mener un plan tangent à une surface, ce plan a toujours quelque objet spécial à remplir, comme de servir de plan de défilement à quelque ouvrage, d'établir le raccordement entre le terrain naturel et une surface artificielle formée par des déblais ou des

remblais, de limiter la partie d'une pente qui est vue d'un ouvrage en arrière, &c. Le plan tangent, dans chacun de ces cas, doit se trouver dans une position particulière par rapport à la surface du terrain, et il faut savoir vérifier, sur un plan tangent donné, s'il remplit la condition à laquelle il doit satisfaire. Or, pour cela, il est indispensable de faire quelques observations sur les formes que peuvent affecter les courbes horizontales, sur leur disposition entre elles et les variations qui en résultent dans la surface du terrain, ce qui menera à reconnaître les positions diverses que le plan tangent peut prendre par rapport à cette surface.

69. Une courbe horizontale du terrain, prise isolément et dans une partie déterminée de son cours, peut être, ou convexe par rapport à la surface du sol, c'est-à-dire, telle que sa tangente soit en dehors du terrain, ou concave, ou infléchie, de sorte que sa tangente entre d'un côté dans le terrain et en sorte de l'autre; elle peut enfin devenir droite sur une longueur plus ou moins grande, et dans ce cas elle se rapproche également des lignes concaves, des lignes convexes, et même des lignes infléchies qui sont en partie concaves et en partie convexes par rapport au terrain.

Figure 33.

70. Considérons maintenant deux courbes voisines, comprenant entre elles une zone de la surface du terrain. Il pourra déjà exister bien de la variété dans la forme de cette surface. Soient d'abord les deux courbes à-la-fois convexes : la portion de surface qu'elles comprennent sera elle-même entièrement convexe, et le plan qui lui serait tangent la

laisserait au-dessous de lui des deux côtés de l'élément de contact. Pareillement, si les deux courbes étaient concaves en même temps, la surface serait elle-même concave, et le plan qui la toucherait suivant une génératrice, serait inférieur au terrain. Si les deux courbes enfin étaient infléchies dans le même sens, le terrain s'infléchirait aussi dans le sens horizontal, suivant la ligne qui joindrait les points d'inflexion des courbes, et le plan tangent serait d'un côté supérieur à la surface et inférieur de l'autre. Le cas où l'une des courbes deviendrait droite, rentre dans les précédens, car la ligne droite servant de limite aux diverses courbures, peut être supposée par abstraction avoir le même genre de courbure que la courbe voisine. Figure 34.

71. Lorsque les courbures des horizontales voisines ne sont pas tournées dans le même sens, il se présente encore de nouvelles combinaisons. Supposons d'abord que les deux courbes soient opposées par leur convexité : si l'on conçoit entre elles une suite de courbes intercalées, infiniment rapprochées les unes des autres, il s'en trouvera nécessairement une qui deviendra droite dans une partie de son cours, parce que le rayon de courbure ne peut pas, dans ce cas, passer du positif au négatif sans devenir infini. Or, entre cette droite et la courbe convexe, la surface sera convexe; elle sera concave entre la même droite et la seconde courbe; de manière que le terrain formera une inflexion à partir de cette horizontale, et que le plan tangent étant extérieur au-dessus d'elle, deviendra intérieur au-dessous. On remarquera toute- Figure 35.

fois que l'inflexion n'aura pas lieu dans le sens même de l'élément perpendiculaire à l'une des courbes passant par le point de contact, puisque cet élément est une portion de droite. Il est à observer aussi que la courbe intercalée qui sert de naissance à l'inflexion, ne devenant ordinairement droite que sur une fort petite longueur, le plan tangent quitte bientôt cette courbe en ne cessant pas de passer par sa tangente, et devient intérieur ou extérieur dans cette direction par rapport à la surface du terrain, suivant que le prolongement de la courbe intercalée est concave ou convexe.

Les deux courbes horizontales voisines, au lieu d'être opposées par leur convexité, peuvent l'être
Figure 36. par leur concavité, et dans ce cas la surface présente une inflexion analogue à celle du cas précédent; la différence qui existe est que, lorsque les courbes sont opposées par leurs convexités, le terrain est convexe dans la partie supérieure et concave dans la partie inférieure, tandis qu'au contraire, lorsque deux courbes voisines se présentent leurs concavités, le terrain est concave dans la partie supérieure et convexe dans la partie inférieure. Une autre remarque fort utile pour la pratique, c'est que les courbes horizontales ne pouvant jamais se croiser, il en résulte que lorsque deux courbes voisines sont opposées par leurs concavités, cette opposition n'a ordinairement lieu que sur un espace fort peu étendu, en sorte que la plupart du temps on peut négliger l'inflexion qui en résulte dans le terrain, si elle ne se renforce pas par la disposition des courbes suivantes.

Ce qu'on vient de dire des courbes convexes et concaves, nous indique ce qui doit arriver dans le cas où les courbes sont infléchies. Si, auprès d'une courbe infléchie, il s'en trouve une autre qui ne le soit pas, ces courbes auront leurs courbures tournées dans le même sens dans une partie et opposées dans une autre, et elles pourront se présenter dans quatre positions différentes, l'une par rapport à l'autre; mais dans chacune de ces positions, le plan tangent passant par le point d'inflexion de la courbe laissera toujours d'un même côté tout le terrain situé dans la partie où les courbes ont leurs courbures dans le même sens, tandis que de l'autre côté il en laissera une partie au-dessus et une autre au-dessous de lui. Il y aura alors inflexion du terrain dans le sens horizontal et dans le sens de la plus grande pente; mais chacune de ces inflexions ne s'étendra que d'un côté de la ligne de contact. Figure 37.

Si les deux courbes, enfin, étaient infléchies, et de courbures opposées dans toutes leurs parties, il y aurait double inflexion comme dans le cas précédent, mais ces inflexions s'étendraient de tous les côtés des élémens de contact, en sorte qu'au-dessous de l'horizontale de séparation des courbures, le plan tangent serait d'un côté supérieur au terrain et de l'autre inférieur, tandis qu'au-dessus de cette même horizontale, le plan tangent serait, dans un ordre inverse, supérieur à une partie du terrain et inférieur à l'autre. Figure 38.

72. La réunion de deux courbes horizontales voisines ne forme, à proprement parler, qu'une des articulations de la surface brisée du terrain; et

pour juger la position d'un plan tangent en un certain point, il faut considérer, ou deux zones successives, lorsque le contact n'a pas lieu suivant une génératrice entière d'une des zones, mais seulement en un point d'une des courbes, ou bien trois zones, si le contact a lieu suivant une génératrice. Considérons donc d'abord trois courbes successives comprenant entre elles deux zones du terrain. Si les courbes sont toutes trois convexes, le terrain sera convexe aussi dans le sens des horizontales; mais il pourra arriver en même temps qu'il soit convexe, ou droit, ou concave, dans le sens de la plus grande pente. La première circonstance
Figure 39. aura lieu, si la distance de l'horizontale supérieure à celle du milieu est plus grande que la distance de l'horizontale du milieu à celle qui lui est inférieure; la seconde se rencontrera quand ces deux distances seront égales; et enfin on reconnaîtra la troisième à ce que la distance des deux courbes inférieures sera plus grande que celle des courbes supérieures. Dans le premier cas seulement, le plan tangent en un point de la courbe moyenne se détachera entièrement du terrain en tout autre point, et lui sera par-tout supérieur. Dans le second cas, le plan ne sera nulle-part inférieur au terrain, mais il se confondra avec lui suivant une ligne perpendiculaire à l'horizontale du point de contact. Dans le troisième cas enfin, le terrain présentera une forme analogue à celle d'une gorge de poulie, et le plan tangent ne sera entièrement extérieur que dans la direction de l'horizontale de contact; il deviendra sécant immédiatement au-dessus et au-dessous de cette horizontale.

L'inverse de ce que nous venons de voir aurait lieu si les trois courbes étaient à-la-fois concaves : le terrain serait concave dans le sens des horizontales ; et dans le sens de la plus grande pente, il pourrait être concave, droit ou convexe, dans les mêmes circonstances que ci-dessus. Dans le premier cas, le plan tangent serait entièrement inférieur au terrain ; dans le second cas, il le toucherait suivant une seule ligne, en lui restant toujours inférieur ; et dans le troisième, il le couperait pour devenir extérieur immédiatement au-dessus et au-dessous de l'horizontale de contact.

Supposons maintenant que deux des courbes soient tournées dans un même sens, et la troisième dans un sens opposé ; et admettons d'abord que ce soit une des courbes extrêmes dont la courbure soit opposée à celle des deux autres. La ligne de plus grande pente sera, comme dans les deux cas précédens, convexe, concave ou droite ; et suivant chacune de ces circonstances, le plan se comportera avec la partie du terrain dans laquelle les courbes sont tournées dans le même sens, comme il a été dit ci-dessus ; mais en même temps, il se comportera d'une manière inverse avec la partie comprise entre les courbes opposées, parce que le terrain forme une inflexion, comme on l'a vu plus haut. Figure 40.

Si la courbe du milieu était opposée par sa courbure aux deux extrêmes, celles-ci seraient tournées dans le même sens ; il y aurait double inflexion dans le terrain, et, quelle que fût la manière dont le plan touchât la surface dans le sens de la plus grande pente, il couperait, dans tous les cas,

le terrain à droite et à gauche, immédiatement au-dessus et au-dessous de l'horizontale de contact. On remarquera cependant que, dans le cas dont il s'agit, la double inflexion sera nécessairement très-peu sensible ; qu'il n'y aura qu'une petite partie du terrain coupée par le plan tangent, et que, par conséquent, on pourra le plus souvent négliger cette circonstance dans la pratique, et agir comme si les trois courbures étaient dirigées dans le même sens.

Tout ce que nous venons de dire nous dispense d'entrer dans la discussion du cas où une, deux, ou même les trois courbes sont infléchies. Le plan tangent coupe nécessairement alors le terrain en même temps qu'il le touche, et il prend, par rapport à la surface, des positions analogues à celles que nous avons précédemment indiquées, suivant que cette surface se courbe et s'infléchit dans le sens de la plus grande pente.

73. Le cas où un plan tangent touche une surface suivant la génératrice tout entière d'une des zones dont se compose cette surface, et où il est nécessaire de considérer trois zones à la fois pour bien reconnaître la position du plan tangent, diffère peu de celui qui précède. Nous connaissons déjà (n.os 70, 71) comment le plan se comporte par rapport à la zone suivant laquelle il est tangent, et ce qui précède nous donne le moyen de juger de sa manière d'être par rapport aux deux autres zones ; car, en considérant l'une d'elles avec la zone du milieu, on remarquera que le plan tangent touche la surface en un point de la courbe horizontale intermédiaire à ces deux zones, ce qui ramène l'examen à celui que nous

venons de faire ci-dessus. La seule particularité intéressante que présente le cas dont nous parlons, c'est que, comme on y considère à-la-fois quatre courbes au lieu de trois, le terrain peut affecter une nouvelle forme dans le sens de sa pente : non-seulement il peut être concave, droit ou convexe, mais encore il peut être infléchi; ce qui ajoute aux combinaisons précédentes une position du plan tangent, dans laquelle il est inférieur d'un côté au terrain, et supérieur de l'autre, dans le sens même de sa pente, et suivant l'élément de contact. Au reste, pour simplifier les combinaisons nombreuses que peuvent présenter quatre courbes situées de toutes les manières imaginables, on observera qu'on ne doit considérer dans la pratique que trois positions particulières de ces courbes; savoir : 1.° celle où leurs courbures sont toutes tournées dans le même sens; 2.° celle où trois courbes successives étant tournées dans le même sens, la quatrième, inférieure ou supérieure, est opposée aux trois autres; 3.° celle enfin où les deux seules courbes du milieu sont opposées. On négligera toutes les autres positions dans lesquelles il se rencontre de doubles inflexions qui se neutralisent, pour ainsi dire, et ne donnent lieu qu'à de légères inégalités, s'élevant ou s'abaissant de peu de chose au-dessus ou au-dessous du plan tangent, ou même ne le rencontrant pas. En général, on devra négliger aussi tous les changemens de courbure des courbes horizontales, lorsqu'ils ne seront pas assez prononcés pour qu'il en résulte une intersection entre ces courbes et les horizontales du plan tangent qui sont à la même hauteur.

Figure 41.

Si nous rapprochons entre elles toutes les observations précédentes, nous en tirerons cette dernière conclusion, la seule utile à l'objet qui nous occupe principalement dans ce Mémoire, que la surface du terrain peut présenter trois formes principales en un point quelconque de sa surface. Elle peut être convexe dans tous les sens; ou concave dans tous les sens; ou en partie concave et en partie convexe, ce que nous exprimerons plus simplement en disant qu'elle forme une inflexion ou qu'elle est infléchie. La première circonstance se rencontre dans le cas seulement où toutes les courbes qui avoisinent l'endroit du contact sont convexes, et où la distance des courbes entre elles augmente de la partie inférieure à la partie supérieure. La seconde a lieu lorsque toutes les courbes sont concaves, et que leur distance diminue de la partie inférieure à la partie supérieure. La dernière circonstance, enfin, arrive dans trois cas distincts: 1.° si toutes les courbes ne sont pas tournées dans le même sens ; 2.° si une ou plusieurs d'entre elles forment une inflexion ; 3.° si la distance des courbes entre elles augmente de la partie inférieure à la partie supérieure, lorsque les courbes sont concaves, ou si elle diminue lorsqu'elles sont convexes; ou enfin si elle diminue après avoir augmenté, quel que soit d'ailleurs le sens de la courbure des courbes horizontales.

Lorsque la surface est convexe dans tous les sens, le plan tangent est supérieur au terrain de tous les côtés de l'élément de contact. Lorsque la surface est concave, le plan est entièrement intérieur. Il est enfin extérieur en partie, et en partie

intérieur, lorsqu'il est tangent en un point d'inflexion.

74. *Par une droite donnée, faire passer un plan tangent à une surface connue au moyen de ses courbes horizontales.*

On observera, comme pour le problème précédent, que si l'on suppose le plan déterminé, son horizontale au point de contact devra se confondre avec la tangente à la courbe horizontale passant par le même point. Si donc on marque sur la droite donnée les points dont les cotes sont les mêmes que celles des courbes horizontales de la surface, et que, par chacun de ces points, on mène une tangente à la courbe qui se trouve dans le même plan, il y aura nécessairement une de ces tangentes qui sera l'horizontale du plan cherché, et il ne restera plus qu'à choisir entre toutes ces lignes, celle qui détermine avec la droite donnée un plan passant par l'élément de la surface perpendiculaire à la tangente horizontale. Or, cet élément est compris entre deux courbes horizontales voisines, et pour qu'il puisse être dans le même plan que la droite donnée, il faut que l'horizontale qui part de son extrémité et qui vient s'appuyer sur cette droite, soit parallèle à la première horizontale par laquelle le plan doit déjà passer. Donc, parmi toutes les horizontales ci-dessus, celle qui appartient au plan cherché doit être telle, qu'une seconde horizontale immédiatement supérieure ou inférieure lui soit parallèle.

Cette circonstance devrait toujours se rencontrer, lorsque le problème est soluble, si les courbes horizontales données étaient infiniment rapprochées,

parce que dans ce cas, en effet, le plan toucherait la surface suivant un élément tout entier, non-seulement dans le sens horizontal, mais aussi dans le sens perpendiculaire : mais lorsque les courbes sont espacées d'une quantité finie, il est rare que cette condition soit satisfaite, et l'on conçoit très-bien que le plan puisse s'appuyer sur une arête horizontale de la surface brisée qu'on se donne, sans la toucher suivant la génératrice d'une des zones comprises entre deux courbes. Dans ce cas, au lieu de chercher deux horizontales successives parallèles entre elles, on suivra les variations de l'angle que les horizontales font avec la projection de la droite donnée; et lorsqu'on reconnaîtra que cet angle, après avoir cru ou diminué constamment, commencera au contraire à décroître ou à croître, on prendra pour l'horizontale du plan celle qui sert de passage entre l'accroissement et le décroissement, ou, en d'autres termes, celle dont l'angle avec la projection de la droite donnée est un *maximum* ou un *minimum*. Cette ligne doit en effet satisfaire à la question ; car si l'on imagine qu'on rétablisse la surface dans sa continuité, au moyen de nouvelles courbes infiniment voisines, et qu'on trace en même temps leurs tangentes horizontales s'appuyant sur la doite donnée, les variations de l'angle deviendront infiniment petites, et ne pourront jamais changer de signe sans passer par zéro, c'est-à-dire qu'au point de changement il se trouvera nécessairement deux horizontales parallèles. L'horizontale du *maximum* ou du *minimum* de l'angle est donc celle qui correspond à la variation *zéro*, et par conséquent celle du plan cherché.

Figure 42.

75. La solution qu'on vient d'indiquer cessera d'être applicable lorsque la droite donnée sera horizontale. On ne pourra plus en effet, dans ce cas, diviser cette droite en des points qui soient dans les mêmes plans que les courbes de la surface, et il faudra recourir à une autre construction.

On remarquera d'abord que la droite donnée sera l'horizontale même du plan cherché; que par conséquent l'horizontale au point de tangence devra lui être parallèle, et que si l'on mène aux courbes de la surface une suite de tangentes parallèles à cette ligne, l'une d'elles appartiendra nécessairement au point de contact, dans le cas où il sera possible de mener un plan tangent à la surface. Or, si ces tangentes sont infiniment rapprochées, deux d'entre elles comprendront l'élément de contact, en déterminant un plan dont le prolongement passerait par la droite donnée; il ne s'agira donc plus que de reconnaître ces horizontales. Pour cela, par un point quelconque de la droite donnée, on tracera sur le plan du dessin une ligne qui coupe les projections de toutes les tangentes parallèles menées aux courbes de la surface. On portera sur la droite donnée, à partir du même point, des parties proportionnelles aux distances verticales de cette droite au plan de chacune des courbes. On cotera ces points de division comme les courbes elles-mêmes, et l'on joindra chacun d'eux avec le point de rencontre de la tangente horizontale qui porte la même cote, et de la ligne sécante. Lorsque deux des lignes de jonction successives seront parallèles, elles correspondront évidemment à deux tangentes dont le plan prolongé

Figure 43.

passera par la doite donnée, ou, en d'autres termes, aux deux tangentes de l'élément de contact. Mais cette condition d'être parallèles n'est rigoureusement nécessaire qu'en supposant les courbes infiniment rapprochées ; dans la pratique, on agira comme dans le cas de la droite inclinée, c'est-à-dire qu'au lieu de chercher les deux lignes successives qui deviennent parallèles, on prendra la droite qui formera avec l'horizontale donnée un angle *maximum* ou *minimum*.

Une remarque fort utile pour ce qui suivra, c'est que si, dans le plan que nous venons de déterminer, on trace une ligne quelconque, et qu'on fasse sur elle la construction que nous avons indiquée pour le cas où le plan tangent doit passer par une ligne inclinée, l'horizontale du point de tangence, qui sera précisément la même que celle que nous avons trouvée par la construction précédente, fera un angle *maximum* ou *minimum* avec la projection de la ligne quelconque, en même temps que la ligne de jonction, dont il a été parlé ci-dessus, fait aussi un angle *maximum* ou *minimum* avec l'horizontale donnée.

Cette solution, à laquelle nous avons cherché à donner la plus grande analogie avec la première, ne surcharge pas trop le dessin de lignes de construction, car on pourra se dispenser de tracer toutes les lignes de jonction dont il a été fait mention ; il suffira de les concevoir par la pensée, et le plus souvent on jugera immédiatement à l'œil la position de celle qui donne un angle *maximun* ou *minimum*. Cette dernière remarque est applicable au cas de la ligne inclinée, dans lequel il est le plus souvent superflu de tracer toutes les horizontales tangentes

aux courbes, parce qu'on juge directement celle qui forme le plus grand ou le plus petit angle, et qui appartient par conséquent au point de contact.

76. On aurait pu résoudre le problème précédent, dans tous les cas qu'il présente, au moyen de sections faites dans le terrain et de rabattemens; mais ce genre de solution serait plus long que celui que nous avons indiqué, et moins en harmonie avec la manière dont nous avons traité les questions précédentes; la construction en outre surchargerait le dessin de trop de lignes inutiles, et serait moins rigoureuse dans la pratique que celle que nous avons adoptée. Cette méthode des sections était la seule qu'on employât, avant que le général Meunier eût fait connaître la solution précédente. On peut être encore forcé d'y recourir, lorsque la surface est donnée, non par des courbes horizontales, mais par des points isolés.

77. Dans le cas où la droite par laquelle doit passer le plan tangent est horizontale, on pourra encore employer un tâtonnement qui, le plus souvent, conduira promptement à la solution. On concevra d'abord, sur une zone quelconque de la surface, la normale perpendiculaire à l'horizontale donnée; on prolongera sa projection jusqu'à cette horizontale, et on la graduera d'après la pente de la normale. Si cette graduation donne, pour le point d'intersection de la normale et de l'horizontale, une cote égale à celle de cette dernière droite, ces deux lignes se rencontreront, et, dans ce cas, le plan tangent passera par la zone qu'on a considérée. Si la normale ne rencontre pas l'horizontale, elle passera au-dessus ou au-des-

sous. Alors on répétera la même opération sur d'autres zones successives, et les deux normales immédiatement voisines, dont l'une laissera l'horizontale au-dessus d'elle et l'autre la laissera au-dessous, appartiendront à des zones, sur la courbe de séparation desquelles devra se trouver le point de tangence.

78. Revenons maintenant à la solution générale que nous avons d'abord indiquée, et examinons les particularités qu'elle peut présenter.

Nous avons vu que si, par les points d'une ligne oblique appartenant au plan tangent, on menait des tangentes aux courbes horizontales de la surface; celle de ces tangentes qui passait par le point de contact, formait avec la projection de la ligne oblique un angle *maximum* ou *minimum* : mais on conçoit que le plan tangent ne doit pas jouir, dans les deux cas, des mêmes propriétés par rapport à la surface; et il est utile de reconnaître, dans chacun d'eux, quelle est la situation de ce plan. On peut également se demander ce qui arrive, lorsque l'angle que forme la tangente à une courbe horizontale avec la projection de la ligne oblique, après avoir successivement augmenté pour atteindre un *maximum*, diminue ensuite jusqu'à former un *minimum*, puis croît de nouveau, et passe ainsi plusieurs fois par l'état de *maximum* et de *minimum*. Il n'est pas moins curieux d'apprendre à quoi correspond le cas où l'angle croît ou décroît sans jamais atteindre de *maximum* ou de *minimum*.

79. Occupons-nous d'abord du cas où l'angle de la tangente au point de contact avec la projection de l'oblique est un *minimum*, cet angle étant

compté entre la partie de l'horizontale qui touche la courbe et la projection de la partie inférieure de la ligne donnée, et supposons que les courbes voisines de celle sur laquelle se trouve le point de contact, soient toutes convexes. L'horizontale du point de contact sera extérieure au terrain, et par conséquent le plan tangent lui-même sera extérieur dans cette direction. Mais considérons maintenant la tangente à la courbe immédiatement inférieure à celle du point de contact, en même temps que l'horizontale du plan tangent située à la même hauteur. Cette dernière formera, avec la projection de la ligne oblique donnée, le même angle que l'horizontale du point de tangence, et comme, par supposition, cet angle est un *minimum*, il s'ensuit qu'il sera plus petit que l'angle formé par la projection de la droite donnée et la tangente à la courbe inférieure. Cette tangente sera donc comprise entre l'horizontale du plan et la projection de la partie supérieure de la ligne oblique. Or, comme la courbe du terrain est, dans le cas dont il s'agit, nécessairement située entre sa tangente et la partie supérieure de la ligne oblique, il en résulte que l'horizontale du plan ne rencontrera pas la courbe, dans le voisinage du point de contact du moins, et sera extérieure à la surface. Ce que nous venons de dire pour la courbe inférieure au point de contact pouvant se répéter exactement de la même manière pour la courbe immédiatement supérieure, on peut en conclure que, tout autour du point de contact, le plan tangent est entièrement extérieur. Figure 42. 1.

Si, en supposant toujours l'angle *minimum*, on

change quelqu'une des autres conditions que nous avons établies, le plan cessera d'être entièrement extérieur au terrain, et le coupera en même temps qu'il lui sera tangent : car si, dans le voisinage du point de contact, les courbes ne tournent pas toutes leur courbure dans le même sens, ou qu'elles fassent une inflexion, nous savons que le terrain lui-même est infléchi dans ce cas, et que le plan tangent doit le couper au point de contact; si toutes les courbes, tournant leur courbure dans le même sens, étaient à-la-fois concaves, le raisonnement précédent fait voir que les horizontales du plan immédiatement supérieure et inférieure au point de tangence, couperaient les deux courbes du terrain qui ont les mêmes cotes.

Figure 42. 3.

On prouverait de la même manière que quand l'angle de l'horizontale de contact et de la projection de la ligne oblique est un *maximum*, le plan est entièrement intérieur au terrain, dans le cas seulement où les courbes qui avoisinent le point de contact sont toutes concaves à-la-fois, et que dans les autres cas, il est en partie intérieur et en partie extérieur.

Figure 42. 2.

80. On a souvent besoin, dans la pratique, de faire passer par une droite un plan tangent qui soit entièrement en dehors du terrain : il sera donc nécessaire alors que les courbes horizontales voisines du point de contact soient toutes en même temps convexes. Mais ce n'est pas tout; car ce plan, qui est extérieur au terrain dans le voisinage du point de tangence, peut fort bien le couper encore assez près de là, et en dedans des limites de la partie de la sur-

face que l'on considère. Cette circonstance aura lieu lorsque plusieurs angles différens seront à-la-fois *minima*, et que celui de l'horizontale qu'on aura choisie pour le plan, ne sera pas le plus petit de tous ces *minima*. On remarquera aussi que lorsque la la surface à laquelle on doit mener le plan tangent s'étend des deux côtés de la projection de la droite donnée, non-seulement il faut que l'angle de l'horizontale de contact soit plus petit que celui des autres tangentes horizontales situées du même côté de la droite donnée, mais encore que l'angle supplémentaire formé par le prolongement de cette horizontale de contact soit plus petit que les angles de toutes les tangentes horizontales menées du second côté par tous les points de la droite donnée. Fort souvent cette condition ne peut pas être satisfaite, et le plan, tangent d'un certain côté à la surface, la coupe nécessairement du côté opposé. Le problème sera soluble toutes les fois que la somme des deux angles *minima* absolus de chaque côté de la projection de la droite donnée, sera plus grande ou au moins égale à deux angles droits; il sera insoluble dans le cas contraire.

Tout ce que nous venons de dire pour le cas où l'angle est un *minimum*, pourrait s'appliquer également à celui où il est un *maximum* et où le plan est tout-à-fait intérieur; mais nous n'insisterons pas sur ce cas, beaucoup moins important que le précédent pour l'application.

81. Les surfaces sur lesquelles on opère dans la pratique, ne sont, ni prolongées indéfiniment dans tous les sens, ni rentrantes sur elles-mêmes et fer-

mées, mais terminées brusquement par des lignes qui leur servent de limites, et au-delà desquelles le terrain est sensé ne plus exister. Si l'on trouve un point de contact donnant un angle *maximum* ou *minimum* dans l'intérieur de ces limites, il n'y a rien à ajouter à ce que nous avons dit plus haut. Mais il arrive quelquefois que l'angle croisse ou décroisse en approchant de la limite, de manière à être le plus grand ou le plus petit de tous, lorsqu'il correspond à la dernière courbe horizontale à laquelle on puisse mener une tangente, qui s'appuie sur la droite donnée : on ne peut pas dire, dans ce cas, qu'on obtienne réellement un plan tangent dans l'acception qu'on donne ordinairement à ce terme ; mais on a un plan qui, dans le cas du *minimum*, par exemple, et d'un terrain convexe, laisse au dessous de lui toute la surface comprise entre la courbe de contact de la tangente et les limites opposées à la convexité de cette courbe. Il n'y a alors qu'une fort petite partie de la surface qui soit susceptible d'être coupée par le plan, celle qui est en arrière de l'horizontale du *minimum*. Mais on peut facilement trouver le plan qui laisse tout le terrain au-dessous de lui ; il suffit pour cela de ne point s'arrêter à la tangente
Figure 44. menée à la dernière courbe, mais de prendre, pour l'horizontale du plan, la ligne qui fait le plus petit angle possible, en s'appuyant, d'une part, sur la droite donnée, et de l'autre, sur un point quelconque d'une des courbes de la surface, sans être tangente à cette courbe, et seulement en la laissant entièrement entre elle et la partie ascendante de la droite donnée.

On fait souvent usage de cette dernière solution

dans les questions de défilement. On a quelquefois aussi à considérer, dans de semblables questions, des points isolés, comme des sommets de bâtimens, des angles d'ouvrages, etc., par-dessus lesquels le plan de défilement doit passer : il faut alors mener de la droite donnée une horizontale à chacun de ces points, et si l'angle que fait l'une d'elles avec la projection de la droite, était plus petit que les angles correspondans formés par les tangentes aux courbes, cette horizontale serait celle du plan, c'est-à-dire que le plan devrait passer par le point isolé auquel elle aboutit.

Lorsque le terrain n'est pas donné par des courbes horizontales, mais par des points cotés isolés, on peut appliquer à chacun d'eux ce que nous venons de dire pour les points détachés, en sorte qu'en faisant passer par chacun des points de la surface une horizontale qui s'appuie sur la droite donnée, celle de ces horizontales qui forme le plus petit angle avec la projection de la droite donnée, appartient à un plan extérieur à la surface, qui cependant ne lui est pas toujours tangent.

82. S'il arrivait, en résolvant le problème dans le cas général, que deux horizontales successives, ou éloignées l'une de l'autre, fussent parallèles et donnassent en même temps un *maximum* ou un *minimum*, le plan passerait à-la-fois par ces deux horizontales, et serait par conséquent tangent en deux points. Si deux horizontales successives étaient parallèles, mais sans appartenir à un *maximum* ni à un *minimum*, le plan serait tangent en un point d'in-

flexion, de manière qu'il serait supérieur au terrain, d'un côté de ces parallèles, et inférieur de l'autre côté. Lorsqu'au lieu de deux horizontales parallèles successives, il s'en trouve un plus grand nombre, le plan est tangent suivant la courbe qui joint entre eux les points de contact de ces lignes, et il est sécant en même temps, lorsque l'angle que forment les horizontales parallèles avec la projection de la droite donnée, n'est point un *maximum* ou un *minimum*.

83. Nous avons examiné jusqu'ici tous les cas où le problème peut avoir une solution; disons maintenant quelques mots de ceux où il ne saurait y avoir de plan tangent.

Il est deux circonstances particulières où le problème ne saurait avoir de solution absolue : c'est, 1.° lorsque par aucun des points de la droite donnée, on ne peut mener de tangentes aux courbes horizontales du terrain; 2.° lorsque les tangentes menées par les points de la droite donnée aux courbes horizontales, ne donnent lieu, ni à un angle *maximum*, ni à un angle *minimum*.

Le premier cas se rencontre lorsque la droite donnée est située dans la concavité de toutes les courbes du terrain, comme, par exemple, lorsqu'elle se trouve dans l'intérieur d'un vallon, et parallèle à peu près à la ligne du fond. Si la droite cependant n'était qu'en partie située dans la concavité des courbes, il serait possible de mener des tangentes aux courbes d'une portion du terrain, et dans cette portion, il pourrait y avoir un plan

tangent; mais ce plan serait nécessairement sécant en même temps, et ne saurait convenir dans le grand nombre de cas où l'on cherche un plan qui ne coupe nulle part le terrain.

Le second cas, celui où l'angle ne peut atteindre de *maximum* ou de *minimum*, n'existe jamais d'une manière absolue, lorsque la surface est située d'un seul côté de la droite donnée; car, le nombre des courbes que l'on considère étant limité, le nombre des angles l'est aussi, et par conséquent il s'en trouve un plus grand que tous les autres, et un autre plus petit. Mais souvent cet angle n'a lieu qu'à la limite de la surface, et nous avons vu qu'alors le plan n'était pas réellement tangent.

Enfin, lorsqu'on voudra obtenir une tangence d'une nature particulière, le problème ne sera soluble qu'autant que toutes les conditions nécessaires à ce genre de tangence seront satisfaites. Mais terminons ici cette discussion, peut-être un peu longue déjà, et reprenons la suite de nos questions.

84. *Étant donnés, une surface par ses courbes, un point, et un plan vertical passant par ce point, mener par le point donné un plan tangent à la surface en un point de l'intersection de cette surface et du plan vertical.*

Ce problème revient évidemment à mener par le point donné une tangente à la courbe d'intersection; car le point de tangence étant trouvé sur cette courbe, le plan qui passera par l'horizontale tangente à la surface en ce point, et par le point donné, sera le plan cherché. Or, pour mener une tangente Figure 43.

à la courbe d'intersection, il faut chercher quel est l'élément de cette courbe dont le prolongement passe par le point donné. On le fera en menant par ce point une ligne quelconque, sur laquelle on portera des parties proportionnelles aux distances verticales du point donné aux plans des courbes horizontales de la surface, et que l'on cotera comme ces courbes. On concevra ensuite chacun des points de division joint par une droite avec le point correspondant de l'intersection de la trace du plan vertical donné avec les courbes de la surface, et celle de ces lignes de jonction à laquelle une autre ligne immédiatement supérieure ou inférieure sera parallèle, ou qui formera avec la droite tracée arbitrairement un angle *maximum* ou *minimum*, passera par l'élément de tangence cherché.

On observera que cette solution serait fort peu exacte, si l'on s'en tenait aux courbes horizontales données pour déterminer la surface ; mais elle deviendra suffisamment rigoureuse en intercalant, tout le le long de la trace du plan donné, des portions de nouvelles courbes, assez rapprochées pour que la courbe de section puisse être sensiblement confondue avec une droite, entre deux d'entre elles. Cette intercalation est sur-tout nécessaire dans les parties où la trace coupe très-obliquement les projections des zones de la surface.

Si l'on voulait se dispenser de faire la petite construction que nous avons décrite, on pourrait prolonger, au moyen du compas, chaque élément de la courbe d'intersection dans la partie où l'on prévoit

que doit se trouver le point de tangence, et choisir pour ce point, celui qui serait tel que, l'un des deux élémens qui y aboutissent ayant son prolongement au-dessus du point donné, le prolongement du second élément passât au-dessous du même point.

85. On résoudrait le même problème de la manière suivante, en faisant usage du rabattement. Par les points de rencontre de la trace donnée avec les courbes horizontales, on éleverait des ordonnées sur cette trace, et l'on porterait sur chacune d'elles une longueur égale ou proportionnelle à la distance verticale du point correspondant de la surface au plan horizontal du point donné ; on réunirait ensuite les extrémités de ces ordonnées par une courbe qui serait le rabattement sur le plan du dessin de la courbe d'intersection du plan donné et de la surface, ou du moins, qui serait une courbe à ordonnées proportionnelles. Par le point donné, on menerait une tangente à cette courbe, et le pied de l'ordonnée du point de tangence serait la projection horizontale du point de tangence du plan cherché. On aurait autant de ces points qu'on pourrait mener de tangentes différentes à la courbe par le point donné, et l'on jugerait, comme il a été indiqué à l'occasion des problèmes précédens, de quelle manière le plan tangent se comporte avec cette surface.

86. *Par un point donné, faire passer un plan qui soit tangent à une surface, suivant une de ses courbes horizontales désignée.*

La question se réduit, comme dans les problèmes

précédens, à trouver le point de tangence du plan, c'est-à-dire, un point sur la courbe donnée, tel que le plan déterminé par l'horizontale tangente en ce point, et par l'élément de la surface qui lui est perpendiculaire, passe par le point donné. Supposons le problème résolu, en admettant, pour un instant, que la surface soit continue. Si, par les deux extrémités de l'élément de contact perpendiculaire à la courbe donnée, on mène deux tangentes horizontales, ces droites appartiendront nécessairement au plan tangent, et seront par conséquent parallèles entre elles; donc elles couperont toute ligne oblique tracée sur le plan tangent, par le point donné, en deux parties proportionnelles aux distances verticales de ce point, aux deux plans horizontaux passant par ces tangentes ou par la courbe donnée et la courbe voisine. Ces distances verticales étant connues, on prendra deux longueurs qui leur soient proportionnelles, et l'on décrira du point donné comme centre, avec ces longueurs pour rayons, deux arcs de cercle dont chacun pourra être considéré comme se trouvant dans le plan d'une des courbes, et sera par conséquent rencontré par l'horizontale tangente à cette courbe, si l'on a eu la précaution de prendre le rayon assez grand. Or, d'après ce qui a été dit plus haut, les deux tangentes étant parallèles, si l'on joint le point de rencontre d'un des arcs et d'une tangente avec le point donné, le point de rencontre de l'autre arc et de la seconde tangente devra se trouver sur la même droite. Si donc on trace une suite de rayons assez rapprochés les uns des autres, et que par les

Figure 46.

deux points où chacun d'eux rencontre les arcs de cercle, on mène des tangentes aux courbes qui se trouvent dans les mêmes plans horizontaux que ces arcs, celles de ces tangentes qui se trouveront être parallèles, appartiendront à l'élément de contact, et seront en même temps les horizontales du plan cherché. On arrivera facilement à ces parallèles, en suivant la marche des angles que forment deux à deux les tangentes horizontales avec le rayon par les extrémités duquel elles sont menées. Lorsqu'on rencontrera deux rayons successifs, pour lesquels la différence de ces angles changera de signe, on en conclura, avec certitude, que cette différence devient nulle dans une position intermédiaire du rayon, qu'on trouvera en faisant de nouveaux essais entre les deux derniers.

Dans la pratique, les courbes horizontales étant à une distance finie l'une de l'autre, il n'arrivera pas ordinairement que les deux horizontales parallèles correspondent aux deux extrémités d'un même élément perpendiculaire à la courbe donnée ; mais la solution ne changera pas pour cela, et le plan sera tangent à la zone, en surface gauche, aux deux points de tangence des deux horizontales parallèles.

Il est important de remarquer que lorsque les courbes sont à une distance finie, la courbe sur laquelle doit se trouver le point de tangence, appartient à deux zones distinctes, et que si l'on opérait sur la seconde comme on l'a indiqué pour la première, on obtiendrait un nouveau point de tangence souvent

différent du premier; que même tous les points intermédiaires à ces deux-ci satisferaient à la question, bien qu'alors le plan tangent cessât de s'appuyer entièrement sur une des deux zones et ne fît plus que toucher leur arête commune. On peut donc dire que la position du point cherché est indéterminée entre deux limites, dépendantes de la tangence du plan sur les zones voisines de la courbe donnée.

La solution que nous venons de donner, a la plus grande analogie avec celles des deux problèmes précédens, et c'est ce qui nous l'a fait énoncer en premier lieu: nous allons maintenant en faire connaître une autre assez simple, mais qui a l'inconvénient d'exiger la construction d'une courbe auxiliaire.

Considérons d'abord une des deux zones qui s'appuient à la courbe donnée, et supposons que le plan cherché doive lui être tangent, c'est-à-dire, qu'il doive passer par deux horizontales parallèles, tangentes aux deux courbes qui la limitent. En un point quelconque de la courbe donnée, on menera une tangente à cette courbe; puis on menera à la seconde courbe une nouvelle tangente parallèle à celle-ci: on joindra ensuite les deux points de tangence par une droite qu'on prolongera jusqu'à sa rencontre avec le plan horizontal passant par le point donné. On répétera la même opération sur une suite de tangentes parallèles différentes, ce qui donnera autant de points d'intersection avec le plan horizontal passant par le point donné; on réunira tous ces points par une courbe, et la tangente menée à cette courbe par le point donné sera l'horizontale du plan cherché;

d'où l'on conclura facilement le point de tangence sur la courbe donnée. En faisant la même construction sur la seconde zone, il en résulterait un second point de tangence, comme on l'a vu plus haut.

Nous n'examinerons pas les diverses positions que peut affecter le plan tangent par rapport à la surface, ce que nous avons dit précédemment à ce sujet étant applicable à la question particulière dont nous venons de nous occuper.

87. *Mener à une surface un plan tangent parallèle à un autre plan donné.*

La direction des horizontales du plan tangent est connue, puisqu'elle est la même que celle des horizontales du plan donné; on peut donc, à chaque courbe de la surface, imaginer une tangente parallèle à cette horizontale, et l'une d'elles appartiendra au plan cherché. Pour reconnaître cette dernière, on tracera deux horizontales du plan donné, dont la distance verticale soit égale à celle des courbes de la surface; on prendra une ouverture de compas égale à l'intervalle qui sépare les projections de ces deux horizontales, et on la portera entre toutes les horizontales tangentes aux courbes, jusqu'à ce qu'on trouve deux de ces lignes dont la distance soit précisément égale à cette ouverture de compas, ou bien jusqu'à ce qu'après avoir trouvé un intervalle plus petit que cette grandeur, on passe immédiatement à un autre qui soit plus grand. Dans le premier cas, le plan sera tangent à la zone comprise entre les deux courbes horizontales auxquelles appartiennent les tangentes dont la distance est égale à l'ouverture de compas; dans le second cas, il sera tangent en un

point seulement de la courbe dont la tangente sert de séparation entre les intervalles plus petits et les intervalles plus grands que la distance des projections de deux horizontales du plan. Le problème peut avoir plusieurs solutions, comme dans les cas précédens, et l'on reconnaîtra facilement si le plan est tangent sur une convexité, sous une concavité, ou bien en un point d'inflexion.

88. Dans les deux problèmes n.os 84 et 86, au lieu de faire passer le plan tangent par un point donné, on aurait pu demander qu'il fût parallèle à une droite donnée, c'est-à-dire, qu'il passât par un point à l'infini. Les solutions auraient été tout-à-fait analogues à celles que nous avons exposées pour le cas où le point est donné à une distance finie ; nous n'y reviendrons pas, parce qu'elles n'offrent aucune difficulté, d'après ce qui précède, et parce qu'en outre on ne prévoit pas qu'elles puissent être d'une grande utilité dans l'application au dessin de la fortification.

89. *Par un point donné, faire passer un cône tangent à une surface, et déterminer sa ligne de contact.*

Nous sommes en état, d'après ce qui précède, de résoudre cette question de plusieurs manières différentes. On peut d'abord, en se servant de la solution du problème n.° 74, mener une droite quelconque par le point donné, et faire passer par cette droite un plan tangent, dont on marquera le point de contact avec la surface; faire ensuite varier la position de la droite, en la laissant toujours passer par le point donné, et en changeant seulement la cote de son extrémité; déterminer de même le point de

tangence du plan qui passerait par cette droite, et continuer ainsi, en faisant varier régulièrement et par petites différences la cote extrême de la droite arbitraire. On aura, de cette manière, une suite de points de tangence, dont la réunion formera la ligne de contact cherchée; et les droites qui, passant par le point donné, s'appuieront sur cette courbe, seront les génératrices du cône.

On peut aussi faire passer par le point donné une suite de plans verticaux aussi rapprochés qu'on voudra les uns des autres, puis chercher, par une des méthodes du n.° 84, la tangente à la courbe d'intersection de chaque plan, et son point de contact: toutes ces tangentes seront les arêtes du cône, et la réunion de tous les points de tangence formera la projection de la courbe de contact.

On peut enfin chercher, sur chacune des courbes horizontales de la surface, le point de contact du plan tangent passant par le point donné; la réunion de tous ces points de contact formera toujours la courbe de tangence, et les lignes qui, partant de cette courbe, iront au point donné, seront les génératrices du cône.

Cette dernière solution nous conduit à remarquer que chaque courbe horizontale de la surface donnée sert elle-même de courbe de contact entre le point de tangence qui appartient à la zone supérieure et celui qui appartient à la zone inférieure (n.° 86); en sorte que cette courbe de contact n'est pas continue, mais qu'elle forme des brisures en passant d'une zone à l'autre; ce qui résulte du défaut de continuité de la surface donnée.

Les solutions que nous venons d'indiquer donnent, comme on voit, le cône par ses génératrices, ou, si l'on veut, par son sommet et par la courbe qui sert de directrice ou de base. Si l'on desirait connaître ses courbes horizontales, si, par exemple, la surface conique devait être substituée, dans certaines parties, à la surface naturelle du sol, rien ne serait plus facile que la détermination de ces courbes : il suffirait de trouver les intersections des génératrices avec une suite de plans horizontaux équidistans, et de joindre convenablement, par une courbe, tous ceux de ces points qui appartiendraient à un même plan.

90. La question que nous venons de traiter, fournit le moyen de mener, par une droite donnée, un plan tangent à une surface qui n'est pas connue par ses courbes de niveau, mais seulement par des points cotés isolés (il a été question de cette solution plus haut, n.° 74). Par un point quelconque de la droite donnée, on conçoit un cône tangent au terrain, dont on détermine les génératrices au moyen de sections verticales passant par le sommet. Il est bien évident que tout plan tangent à ce cône sera tangent en même temps au terrain ; il ne s'agira donc plus que de mener par la droite donnée un plan tangent au cône. On concevra pour cela un plan horizontal arbitraire, ne passant pas toutefois par le sommet du cône, et l'on déterminera la courbe suivant laquelle il rencontre la surface du cône, ainsi que son point d'intersection avec la droite donnée. Par ce dernier point, on menera une tangente à la courbe d'intersection, et cette droite sera l'horizontale du plan cherché. On aura autant de solutions du pro-

blème, qu'on pourra mener de tangentes différentes à la base du cône, et l'on choisira parmi ces solutions celle qui conviendra le mieux aux circonstances particulières de la question.

Si la droite donnée était horizontale, la tangente à la base du cône devrait lui être parallèle, et rien d'ailleurs ne serait changé dans la solution.

Ce n'est que dans un bien petit nombre de cas qu'on sera réduit à faire usage de la solution que nous indiquons ici, et seulement lorsque, sur une surface donnée par des points isolés, on voudra obtenir un contact en un point d'inflexion; car nous avons vu (n.° 81) qu'on pouvait toujours, par la méthode du général Meunier, trouver le plan tangent supérieur au terrain; et il est aisé de se convaincre qu'on pourrait également trouver le plan qui lui serait entièrement inférieur.

91. *Circonscrire à une surface, un cylindre dont les génératrices soient parallèles à une droite donnée.*

Ce problème rentre évidemment dans celui du n.° 89, puisqu'il n'en diffère qu'en ce que le point donné dans le premier cas passe ici à l'infini : aussi les solutions qu'on déduit des propositions indiquées au n.° 88, sont-elles tout-à-fait analogues à celles que nous avons données pour le cône; nous ne nous y arrêterons pas, pour éviter les répétitions. On observera seulement que ce problème peut, comme celui du n.° 89, servir à faire passer par une droite un plan tangent à une surface. Il suffit, en effet, de substituer au cône tangent, un cylindre parallèle à la droite donnée, et la suite de la solution est la même.

92. *Mener, par un point donné, un plan tangent à deux surfaces.*

Nous ne pensons pas que, jusqu'à présent, on ait résolu cette question autrement que par les cônes tangens, et c'est cette solution que nous allons indiquer d'abord.

Par le point donné, on fera passer, au moyen des méthodes exposées plus haut, un cône tangent à chacune des deux surfaces, et l'on prendra les intersections de ces cônes avec un plan horizontal quelconque, ne passant pas cependant par le point donné. On menera une tangente commune aux deux intersections, et cette tangente sera l'horizontale du plan cherché. La ligne de plus grande pente de ce plan sera la perpendiculaire abaissée du point donné sur l'horizontale.

Le problème aura, comme dans les cas précédens, plusieurs solutions, lorsqu'on pourra mener aux bases des cônes plusieurs tangentes communes.

93. Toutes les solutions par le moyen des cônes ont l'inconvénient d'exiger, en général, des constructions trop compliquées, qui surchargent le dessin de lignes superflues ; nous allons en indiquer une plus simple et plus en rapport avec les méthodes que nous avons suivies jusqu'à présent. Le plan cherché devant être tangent à-la-fois à deux surfaces, il y aura sur ce plan deux points de contact, et par suite deux horizontales tangentes aux courbes suivant lesquelles aura lieu le contact ; ces deux horizontales, se trouvant dans un même plan, seront nécessairement parallèles entre elles. Cela posé, concevons un plan quelconque passant par le point donné ; il

coupera le plan cherché suivant une droite qui passera elle-même par le point donné, et cette droite rencontrera les deux horizontales de contact, en formant avec chacune d'elles un angle *maximum* ou *minimum*, ainsi qu'on l'a vu n.° 74. Si donc on considère sur le plan arbitraire dont nous venons de parler, toutes les droites menées par le point donné, et que par chacune d'elles on fasse passer deux plans tangens aux deux surfaces, celle de ces droites pour laquelle les deux horizontales de contact deviendront parallèles, appartiendra au plan cherché.

Pour connaître cette droite, on tracera sur le dessin une suite de lignes parallèles équidistantes, pouvant être considérées comme les projections des intersections du plan arbitraire avec les plans horizontaux des courbes; on divisera l'une quelconque de ces horizontales en parties égales, par des points assez rapprochés les uns des autres, et l'on joindra l'un de ces points de division avec le point donné, par une droite. Cette droite rencontrera toutes les horizontales du plan arbitraire en des points qui seront de niveau avec les courbes des surfaces, et dont on pourra se servir, par conséquent, pour déterminer les deux horizontales de contact des plans tangens aux surfaces, passant par cette même droite. Si ces deux horizontales sont parallèles, on en conclura que les deux plans tangens se confondent et ne sont autres que le plan cherché; mais si cette condition n'est pas satisfaite, on joindra un second point de division de l'horizontale avec le point donné, et l'on agira sur cette seconde ligne comme on vient de faire sur la première. Si les deux horizontales de contact ne

Figure 48.

sont point encore parallèles, on recommencera l'opération sur une nouvelle ligne allant du point donné au troisième point de division, et l'on continuera ainsi, en parcourant autant de divisions qu'il le faudra, à droite ou à gauche de la première, jusqu'à ce qu'on rencontre une droite à laquelle correspondent deux horizontales de contact qui soient parallèles, ou jusqu'à ce qu'il se trouve deux droites successives, telles que l'angle des deux horizontales étant situé dans un certain sens, pour la première, il se trouve situé dans un sens opposé pour la seconde. Dans le premier cas, la droite appartiendra au plan cherché, et les horizontales parallèles seront les horizontales de contact; dans le second cas, les deux droites en comprendront nécessairement entre elles une autre qui appartiendra au plan cherché, et dont on fixera aisément la position, soit à vue, soit au moyen d'un court tâtonnement. Mais si l'on veut opérer d'une manière plus rigoureuse, en évitant ce tâtonnement, on pourra agir ainsi qu'il suit.

On choisira un élément qui croisse ou décroisse avec l'angle formé par les deux horizontales des plans tangens menés aux deux surfaces par les droites arbitraires, et qui devienne nul en même temps que cet angle. Ce sera, par exemple, le côté opposé à cet angle dans un triangle isoscèle, dont les deux côtés égaux auront une longueur fixe; ce pourrait être également toute autre ligne trigonométrique. Après une première opération, on mesurera la longueur de cet élément, et on la portera, à partir d'une des horizontales du plan arbitraire, sur le prolongement de la droite par laquelle on a mené les deux

plans tangens. On agira de même après la seconde opération; et ainsi de suite, en observant seulement que lorsque l'angle changera de sens, l'élément correspondant devra être porté, non plus sur le prolongement de la droite, mais dans la direction opposée. On réunira ensuite, par une courbe, les extrémités de toutes ces longueurs, et la droite qui joindra le point donné avec le point d'intersection de l'horizontale et de cette courbe, devra appartenir au plan cherché.

94. Ce genre de solution par le moyen d'une courbe auxiliaire, peut être appliqué avec avantage à toutes les questions qui demandent quelque tâtonnement. On remarquera d'abord que, quel que soit le problème qu'on ait à résoudre, on peut toujours le ramener, en dernière analyse, à la recherche de la position d'un certain point. Soit donc un point cherché, qui doive remplir diverses conditions par rapport aux données d'un problème; on considérera toutes ces conditions moins une, et l'on cherchera la suite des points qui y satisfont, ce qui n'offrira pas ordinairement de difficulté. Il ne restera plus alors qu'à choisir, sur la courbe ainsi obtenue, le point qui remplit la dernière condition. Dans la question que nous avons traitée ci-dessus, cette condition était que le point cherché se trouvât sur une droite donnée; dès-lors, il était à l'intersection de cette droite avec la courbe. Mais on n'a pas toujours à remplir une condition aussi simple, et dans le cas général, on reprendrait encore toutes les conditions auxquelles le point est assujetti, moins une (différente de celle

qu'on avait d'abord exceptée), et l'on chercherait, comme on l'a fait déjà, la courbe dont les points satisfont à toutes ces conditions ; l'intersection des deux courbes donnerait évidemment le point cherché. La seule chose qui exige quelque habileté dans la personne qui opère, est le choix du point à déterminer et celui des conditions suffisantes qu'on lui fait remplir; car, bien que les conditions auxquelles on assujettit un point, soient nécessairement en nombre limité, on peut cependant les faire varier indéfiniment, en les présentant sous des formes différentes. C'est ainsi, par exemple, qu'on peut trouver le centre d'un cercle inscrit dans un triangle, par la condition d'être à égale distance des trois côtés, ou par cette autre, que les droites qui le joignent aux trois sommets, divisent en deux parties égales les angles du triangle. On a souvent occasion, dans la fortification, de faire l'application de cette méthode. Mais revenons au problème qui vient de nous occuper.

95. Nous avons indiqué la solution du n.° 93 comme celle qui nous a paru la plus simple; on pourrait cependant en employer plusieurs autres fondées sur le même principe, et qui n'en différeraient pas beaucoup. Nous avons supposé qu'on faisait des essais successifs sur une suite de droites qui, passant par le point donné, s'appuyaient toujours sur une horizontale arbitraire; mais rien n'empêcherait de substituer à cette dernière une circonférence de cercle horizontale, comme nous avons fait pour le problème n.° 86 : toutes les horizontales intermédiaires se changeraient alors en circonférences con-

centriques, et la seule attention à avoir, serait de faire en sorte que la droite qui joindrait le point donné à l'un des points de la circonférence primitive, fût moins inclinée que la ligne de plus grande pente du plan cherché, condition à laquelle il sera toujours facile de satisfaire. On pourrait encore opérer sur une suite de droites situées dans un même plan vertical, dont la projection, par conséquent, resterait toujours la même, et dont l'inclinaison seulement serait variable. Il faudrait alors diviser la projection de la droite en parties dont on ferait varier la grandeur en passant d'un essai à l'autre, ce qui se ferait par une construction géométrique fort simple. On Figure 49.
menerait pour cela, près de la droite arbitraire, une autre droite parallèle, sur laquelle on porterait des longueurs proportionnelles aux distances du point donné aux plans des courbes des surfaces; on joindrait le premier point de division avec le point donné, et sur cette ligne de jonction, on prendrait un point par lequel on menerait des droites à tous les autres points de division de la ligne parallèle; ces droites de jonction, prolongées, partageraient la droite arbitraire comme l'a été sa parallèle; et en changeant la position du point par lequel passent toutes les droites de jonction, on ferait varier en même temps les divisions de la droite arbitraire.

Quelle que soit celle de ces solutions qu'on adopte, on remarquera que, bien que nous n'ayons parlé que d'un plan tangent mené à chacune des surfaces, et d'une seule horizontale de contact par surface, il peut s'en trouver plusieurs, comme on

l'a vu plus haut; mais cela ne change rien à la manière d'opérer.

Nous ne nous occuperons pas des diverses positions que peut prendre le plan tangent par rapport aux surfaces, ni des solutions multiples qui peuvent se présenter; ce que nous avons dit à ce sujet, à propos des problèmes précédens, nous dispense d'entrer dans une pareille discussion.

96. *Deux surfaces étant données par des courbes, leur mener un plan tangent qui soit parallèle à une droite donnée.*

Ce problème ne diffère du précédent qu'en ce que le point donné est à l'infini, et il se résout d'une manière tout-à-fait analogue. Si l'on veut lui appliquer la première solution, les deux cônes deviennent deux cylindres dont les génératrices sont parallèles à la droite donnée, et dont on prend les intersections avec un plan horizontal quelconque; on mène une tangente commune aux deux courbes qui en résultent, et cette tangente est l'horizontale du plan cherché. L'opération ne serait plus tout-à-fait la même cependant, si la droite donnée était horizontale; car alors l'intersection des cylindres avec le plan horizontal donnerait des droites horizontales parallèles, et il n'y aurait plus lieu à mener une tangente commune aux bases des cylindres. Il faudrait prendre, dans ce cas, les intersections des cylindres avec un plan incliné, et mener une tangente commune à ces intersections : le plan cherché passerait par cette tangente.

Si l'on veut faire usage de la seconde solution, elle est un peu plus simple que dans le cas où l'on se

donne un point par lequel doit passer le plan tangent, parce que la droite arbitraire dont on cherche la véritable position, reste toujours parallèle à la droite donnée, en sorte que ses divisions ne changent point de grandeur.

97. *Trouver une surface développable tangente à-la-fois à deux surfaces données.*

Ce problème n'est pas sans intérêt, et sa solution n'offre plus de difficultés après ce qui précède; elle se réduit en effet à trouver une suite de plans tangens à-la-fois aux deux surfaces données, puisque chacun de ces plans détermine un élément de la surface cherchée : or on peut résoudre ce dernier problème de diverses manières. La position d'un plan n'étant point, en général, fixée par la condition qu'il soit tangent à deux surfaces, il faudra, pour trouver chacun des plans qui composent la surface développable, leur imposer une nouvelle condition, en la choisissant de façon que ces plans se déterminent de la manière la plus simple possible. Parmi toutes les conditions qu'on pourrait se donner, la plus aisée à remplir est de faire en sorte que l'horizontale de chaque plan soit parallèle à une horizontale donnée. On fera varier successivement la direction de cette horizontale, de manière à avoir une suite de plans tangens qui diffèrent peu les uns des autres, et l'on trouvera chaque plan au moyen des cylindres horizontaux circonscrits aux surfaces, comme il a été dit ci-dessus, n.° 96 : la droite qui joindra les deux points de tangence de chaque plan, sera une génératrice de la surface. L'ensemble de ces génératrices servira à définir la surface, et la double suite des points de tangence donnera

les deux courbes de contact de la surface développable avec les surfaces données. Si l'on voulait avoir les courbes horizontales de la surface tangente, il faudrait chercher les intersections de ses génératrices avec les plans horizontaux équidistans qui contiennent les courbes des surfaces données.

98. *Mener un plan tangent à trois surfaces données.* On déterminera d'abord une surface développable tangente à deux des surfaces données; puis, à la surface restante et à l'une des deux premières, on mènera pareillement une seconde surface développable tangente. On cherchera l'intersection de ces deux surfaces avec un plan horizontal quelconque, ce qui se fera, comme on sait, en prenant les intersections de leurs génératrices avec ce plan : la tangente commune aux deux courbes d'intersection sera l'horizontale du plan cherché.

Cette solution, dont l'énoncé est fort simple, est d'une exécution longue et compliquée ; mais on ne saurait en indiquer de rigoureuse qui soit plus commode. On pourrait employer un moyen analogue à celui du n.° 93, en essayant successivement plusieurs plans qui fussent tangens d'abord à deux des surfaces données ; mais cette solution ne serait pas plus simple que la première. Au surplus, ce qu'il y aura généralement de mieux à faire dans la pratique, sera de trouver par approximation la position du plan cherché; l'habitude des opérations graphiques fera connaître, à peu près, les points de tangence sur les surfaces, et deux ou trois essais suffiront pour déterminer le plan aussi exactement qu'il sera nécessaire.

99. Il faut encore s'aider du tâtonnement, lorsqu'au lieu de trois surfaces, on en a un plus grand nombre par-dessus lesquelles le plan doit passer sans en couper aucune, ou, ce qui revient au même, lorsqu'on a une surface continue qui présente un grand nombre de mouvemens ondulatoires, et qui peut être touchée en trois points, de bien des manières différentes. Il faut alors essayer successivement plusieurs plans, jusqu'à ce qu'on en rencontre un qui ne coupe pas la surface dans toute l'étendue que l'on considère. Ce tâtonnement n'a rien de difficile : on choisit les trois points par lesquels on présume que doit passer le plan; on en conclut une échelle de pente que l'on prolonge indéfiniment, et l'on vérifie de suite si quelqu'une des horizontales qui s'y appuient coupe les horizontales du terrain. Si le plan coupe le terrain, on le relève dans la partie où se trouve l'intersection, et l'on ne tarde pas à en trouver un qui ne rencontre plus le terrain nulle part. Ce problème, au reste, ne se présente pas souvent, parce qu'il arrive presque toujours que l'on connaît quelque ligne ou quelque point de la fortification par lesquels on doit faire passer le plan qui s'appuie sur le terrain, et qu'alors la question rentre dans une de celles qui ont été précédemment examinées.

Nous terminerons ici l'exposé purement géométrique des principes du dessin de la fortification. Nous ne prétendons pas avoir indiqué tous les problèmes qu'on peut avoir à résoudre, mais seulement ceux qui se rencontrent le plus ordinairement, ou qui peuvent conduire à la solution de tous les autres. On doit observer d'ailleurs que la géométrie plane et élémen-

taire fournit immédiatement la solution d'une foule de problèmes qui se présentent à chaque instant dans l'exécution d'un dessin, et dont il est superflu de nous occuper ici. Nous passerons maintenant à l'application, sans vouloir toutefois traiter complétement ce sujet, qui exigerait une exposition détaillée des principes de la fortification. Notre travail ayant pour objet spécial les procédés géométriques qui constituent le dessin des projets, nous n'aurons à parler que des préceptes de fortification qui seront nécessairement liés à l'explication de ces procédés.

DEUXIÈME PARTIE.

APPLICATION DES PRINCIPES PRÉCÉDENS AU DESSIN D'UN PROJET DE FORTIFICATION.

100. Un projet de fortification a pour but, soit d'établir des ouvrages entièrement neufs sur un terrain connu, comme, par exemple, une redoute, un fort, une place entière; soit de modifier des ouvrages existans, comme d'en prolonger les faces, d'en redresser les flancs, d'y faire des coupures, &c.; soit enfin, de régler simplement le relief de ces mêmes ouvrages. Le dessin d'un projet de fortification donne lieu à des plans d'ensemble, construits le plus souvent sur l'échelle du millième, et à des plans de détail sur une échelle plus grande, dont l'objet est sur-tout de représenter les maçonneries avec précision. Mais comme ces derniers ne sont qu'une amplification des autres, et que tout ce qui est relatif aux détails des maçonneries, se traite d'après les principes de la géométrie descriptive, telle qu'elle est enseignée à l'école polytechnique, nous ne nous occuperons, dans cette partie de notre mémoire, que du dessin des plans d'ensemble.

Lorsqu'il s'agit de projeter des ouvrages neufs, leur tracé, ou, pour mieux dire, leur disposition générale est une opération de première importance, qui tient à des considérations locales et militaires, presque entièrement indépendantes du sujet que nous traitons ici, et qui ne peuvent être analysées que dans un cours de fortification. Quelques détails

cependant de cette opération se rattachent à l'objet de ce mémoire, et nous en parlerons plus tard, quoiqu'il pût sembler naturel d'indiquer d'abord ce qui a rapport au tracé des ouvrages. Mais nous ferons remarquer qu'on n'a pas toujours à s'occuper du tracé, puisque, dans un grand nombre de projets, les ouvrages existent déjà, et qu'en outre on ne peut pas, la plupart du temps, arrêter définitivement le tracé d'un ouvrage sans avoir établi son relief. Il nous serait impossible, d'ailleurs, de suivre une marche entièrement méthodique; car il n'existe pas de méthode certaine qui indique que dans un projet on doive commencer par établir telle partie plutôt que telle autre, la marche qu'on choisit dans chaque cas, dépendant des données de la question, qui sont variables à l'infini. Nous supposerons donc d'abord, quelle que soit la nature du projet dont on s'occupe, que le tracé des ouvrages est donné, et que le relief seul reste à régler; encore ce relief ne sera-t-il pas entièrement indéterminé pour nous, certaines conditions essentielles à remplir par la fortification ayant dû déjà limiter les hauteurs de quelques-unes de ses parties.

On doit observer aussi que, lorsque nous supposons le tracé des ouvrages donné sur le dessin, nous n'entendons pas dire que les projections des lignes de maçonneries ou des crêtes intérieures sont arrêtées dans tous les cas. Les ingénieurs les plus éclairés reconnaissent qu'on ne doit pas toujours tracer les ouvrages de fortification par une même ligne : tantôt on se donne les magistrales; tantôt ce sont les lignes de feu dont on connaît la projection; quelquefois

enfin, aucune de ces lignes n'est tout-à-fait arrêtée, mais les conditions ultérieures du relief doivent achever de les fixer.

Lorsqu'on connaît le tracé ou la disposition des ouvrages, l'objet le plus important est de fixer la position des crêtes intérieures. C'est ce qu'on fait en combinant les conditions que doit remplir le relief, pour que la fortification ait sur le terrain environnant l'action nécessaire, avec le défilement, dont le but est de couvrir l'intérieur des ouvrages des vues de l'ennemi placé à l'extérieur (1). Nous ferons abstraction, dans ce qui va suivre, des conditions générales du relief, qui servent ordinairement à déterminer la hauteur de quelques points particuliers; et nous nous occuperons uniquement d'abord du défilement, parce que c'est la question qu'on a le plus souvent à résoudre; elle se rencontre également en effet dans le cas où les ouvrages sur lesquels on agit existant déjà, on ne veut que régler leurs crêtes sans faire aucun mouvement de terre considérable, et dans celui où le relief n'existe pas encore, ou n'est pas convenable et demande un changement total.

SECTION I.re

DU DÉFILEMENT.

101. On donne le nom de *plan de défilement* à un plan qui, passant par la ligne couvrante d'un

(1) On suppose toujours, pour le défilement, l'ennemi élevé d'une certaine quantité au-dessus du terrain naturel, par l'établissement de batteries ou d'ouvrages de campagne.

ouvrage, laisse au-dessous de lui, à une distance de 1 à 4 mètres ou plus, suivant les localités, tous les points du terrain environnant d'où l'on peut avoir à craindre des coups directs de l'ennemi. Le plan du terre-plein de l'ouvrage est ordinairement parallèle au plan de défilement, et abaissé de $2^{m}.40$ ou $2^{m}.50$ au-dessous de ce dernier.

102. La première opération à faire, lorsqu'on veut établir un plan de défilement, est de tracer les limites entre lesquelles sont compris les points d'où l'ennemi peut prendre des vues sur l'ouvrage et tirer des coups dangereux. Pour cela, par le point le plus saillant de cet ouvrage, on décrit sur le terrain extérieur un arc de cercle avec un rayon égal à la distance au-delà de laquelle on ne suppose pas ordinairement que l'artillerie de l'ennemi soit à craindre (l'expérience a fait fixer cette distance à 1200 ou 1400 mètres). Si l'ouvrage est entièrement isolé, ou que son relief soit bien supérieur à celui des ouvrages environnans, cet arc doit se raccorder avec d'autres arcs tracés par toutes les parties saillantes de l'ouvrage, de manière à comprendre un espace fermé. Mais lorsque la pièce qu'on veut défiler est dépendante d'un système d'ouvrages, comme, par exemple, un bastion, une demi-lune, une contre-garde, &c., on doit remarquer que si les reliefs des ouvrages collatéraux sont assez élevés, ils intercepteront une partie des coups dirigés de la campagne contre l'ouvrage à défiler. Il faut, dans ce cas, tracer avec soin les directions extrêmes, suivant lesquelles les coups sont à craindre, et c'est du terrain limité par ces directions et par l'arc qu'elles com-

prennent, qu'on doit seulement chercher à se défiler ; on peut supposer qu'au-delà de ces limites, la surface du sol cesse subitement d'exister.

Il n'est pas toujours facile de déterminer exactement la direction extrême des coups à craindre, parce qu'il arrive souvent que la hauteur du saillant de l'ouvrage qu'on défile n'est pas connue d'avance, et même, qu'on n'a pas d'une manière bien fixe la projection de la crête intérieure : on se contente alors d'un à-peu-près. On détermine approximativement la position du saillant de la crête intérieure ; par la projection de ce point, et par celle du point couvrant qui appartient aux ouvrages voisins, aux traverses ou même aux bâtimens, et qui est le plus saillant vers la campagne, on trace une direction qu'on peut regarder comme la projection d'une droite qui, passant par le point couvrant, s'appuie sur le terrain supposé relevé de la quantité nécessaire pour le défilement. On cote cette droite à ses deux points connus, et on la divise de mètre en mètre, en prolongeant la division jusqu'au saillant de l'ouvrage à défiler. Si la cote à ce point est telle qu'il n'y ait nul doute que l'ouvrage reste au-dessous de la droite, la direction qu'on a tracée est bien la limite cherchée. Si, au contraire, la droite passait évidemment au-dessous de l'ouvrage, le point qu'on aurait regardé comme couvrant ne couvrirait pas réellement, et il faudrait en chercher un autre plus en arrière, qui fût plus élevé, ou qui fût tel du moins, que la ligne qui s'y appuierait en touchant le terrain relevé, passât au-dessus du saillant de l'ouvrage. Il vaut mieux, dans le doute, comprendre

trop de terrain dans la limite que d'en laisser trop en dehors.

L'opération que nous venons d'indiquer, se fait assez souvent par tâtonnement; mais il est possible d'agir plus rigoureusement, en faisant passer par le saillant présumé de la crête de l'ouvrage et par la partie supérieure de l'objet couvrant, un plan, ou, plus généralement, un cône, dont on cherche l'intersection avec une surface parallèle au terrain et suffisamment élevée au-dessus de lui. Tous les points qui sont compris entre cette intersection et l'obstacle, et qui se trouvent par conséquent au-dessous du cône dont on vient de parler, ne peuvent diriger vers l'ouvrage que des coups interceptés, et la dernière direction des coups dangereux est la ligne extrême menée vers cette intersection, dans sa partie comprise entre l'obstacle et l'arc de cercle décrit à 1400 mètres. Mais, dans le cas où l'on se serait donné la peine de construire l'intersection comme il vient d'être dit, il serait inutile de tracer la direction extrême des coups dangereux; car l'intersection elle-même servirait de limite très-précise à l'espace d'où l'on doit craindre les vues de l'ennemi.

Il est indispensable d'employer le moyen rigoureux dont nous venons de parler, lorsque l'objet couvrant ne masque qu'une partie des coups de la campagne, soit parce que le terrain se relève de manière à voir par-dessus, soit au contraire parce que la masse couvrante s'abaisse ou s'éloigne. Quelquefois aussi, bien qu'on ait la certitude que la masse couvrante est assez élevée pour qu'aucun coup tiré par-dessus son sommet ne puisse atteindre l'ouvrage,

il arrive que cet obstacle n'est point continu, et qu'après avoir intercepté les coups suivant un secteur, il leur laisse accès de nouveau. Il faut, dans ce cas, déterminer la limite des coups dangereux en arrière de l'objet couvrant; ce qui se fait, comme pour la première limite, en joignant l'extrémité de la masse couvrante avec le point de l'ouvrage le plus saillant par rapport à la nouvelle direction dans laquelle on craint les coups de l'ennemi. Le cas dont nous venons de parler se présente dans les places dominées par des hauteurs qui prennent les ouvrages à dos.

Nous ne pouvons entrer ici dans le détail de toutes les particularités qui se rencontrent souvent dans la fixation des limites du terrain dont il est nécessaire de se défiler; nous devons nous borner aux généralités les plus essentielles, et nous nous contenterons d'ajouter que, toutes les opérations que nous avons indiquées se faisant souvent avant la détermination précise du relief du saillant de l'ouvrage à défiler, et même quelquefois avant celle de la crête couvrante, il est bon de vérifier, lorsque le défilement est établi et que le relief est arrêté, si les limites ont été bien choisies en effet, et si l'on n'a pas négligé quelque point dangereux que l'on aurait primitivement considéré comme masqué.

On doit remarquer encore que, pour certains ouvrages, ce ne sont pas seulement les points du terrain qui sont à craindre, mais aussi les crêtes d'autres ouvrages plus avancés : ainsi, par exemple, les chemins couverts de la place doivent être défilés des lunettes, les demi-lunes doivent l'être des

chemins couverts, &c.; et l'on devra comprendre entre les limites du terrain extérieur, les pièces avancées, où l'ennemi peut s'établir avant d'arriver à l'ouvrage qu'on défile. On observera seulement que la moindre hauteur à laquelle le plan de défilement doit passer au-dessus de ces pièces avancées, n'est pas la même que pour les points les plus dangereux de la campagne, et que, dans certains cas, elle peut être réduite à 1 mètre ou même à $0^{m}.60$.

103. Nous allons maintenant nous occuper du défilement, en supposant que les limites du terrain dont on veut se couvrir, soient tracées sur le dessin, ainsi qu'on vient de l'expliquer. Nous nous aiderons, dans ce qui va suivre, des principes développés à l'école de Metz, et nous nous rapprocherons beaucoup de l'ordre et des idées établis dans l'excellent mémoire de M. Say, inséré dans le 4.^{e} cahier du *Journal de l'école polytechnique*, où la question du défilement est parfaitement traitée; nous n'eussions pas essayé de la présenter de nouveau, si M. Say, dans les méthodes graphiques qu'il indique, ne faisait usage des projections sur deux plans, au lieu de se servir uniquement des plans nivelés.

Nous supposerons, pour commencer par le cas le plus simple, un ouvrage dont le tracé soit définitivement arrêté, dont le relief même soit fixé, et dans lequel enfin on ne puisse faire aucunement varier les crêtes intérieures. Nous supposerons encore, pour simplifier la question, que cet ouvrage ne soit composé que de deux faces qui se réunissent et forment un angle. Dans le cas où l'ouvrage aurait un plus grand nombre de faces, on les considérerait succes-

sivement deux à deux, ce qui ramenerait la question à celle que nous venons de poser.

Concevons, par les crêtes des deux faces, un plan, prolongé sur tout le terrain dont on doit se défiler, et que nous nommerons simplement *terrain extérieur;* construisons l'échelle de pente de ce plan et supposons en outre le terrain extérieur relevé de la quantité dont le plan de défilement doit passer au-dessus de lui, ce qui se fera en diminuant la cote de chaque courbe de cette même quantité. Il pourra arriver de deux choses l'une : ou que le plan des crêtes passe par-dessus la surface relevée, sans la couper en aucun point; ou qu'il la rencontre et en laisse une partie au-dessus de lui. Dans le premier cas, l'ouvrage sera évidemment défilé, si l'on tient son terre-plein parallèle au plan des crêtes et à $2^{m}.50$ au-dessous; à plus forte raison l'ouvrage serait-il encore défilé, si, par quelque considération particulière, comme, par exemple, la nécessité de faire écouler les eaux vers un point donné, le terre-plein était formé de plusieurs plans inclinés, inférieurs à celui dont nous venons de parler. Ce cas ne présente, comme on voit, aucune difficulté.

104. Mais si le plan qui passe par les crêtes, rencontre la surface relevée du terrain extérieur, il y aura alors une partie de cette surface d'où les coups de l'ennemi plongeront dans l'intérieur de l'ouvrage, si l'on regarde comme plan unique de défilement, celui même qui passe par les crêtes; il faut donc chercher à défiler par d'autres plans. Considérons d'abord une des faces de l'ouvrage, et

supposons-la indéfiniment prolongée. Il pourra se présenter trois circonstances différentes: ou que la partie du terrain relevé qui domine le plan des crêtes, se trouve entièrement en avant de la face prolongée; ou que la face aille ficher dans cette portion de terrain; ou, enfin, qu'elle la laisse tout-à-fait en arrière.

Figure 50. Dans le premier cas, on fera passer par la crête de la face un plan tangent à la portion de terrain qui s'élève au-dessus du plan des crêtes; et pour que ce plan tangent soit bien le plan de défilement, il faudra qu'il laisse au-dessous de lui tous les points de la surface relevée compris dans les limites de l'espace dont on doit se défiler, en sorte que le point de contact soit le plus dangereux pour l'ouvrage. On a vu, n.° 81, comment on pouvait déterminer un tel plan, soit que le point dangereux se trouvât sur la surface même du sol, soit qu'il appartînt à quelque ouvrage avancé, que nous avons confondu, dans ce qui précède, avec le terrain extérieur. Le plan du terre-plein devra être parallèle au plan de défilement ainsi fixé. Supposons maintenant que la seconde face présente la même particularité que la première, par rapport à la portion de surface qui domine les crêtes, c'est-à-dire, que cette portion se trouve entièrement comprise dans l'angle formé par le prolongement des deux faces: on fera de même passer par la seconde face un plan tangent à la surface dominante, et l'on aura un nouveau plan de défilement. Les terre-pleins des deux faces formeront alors entre eux une gouttière partant du saillant, et il est évident qu'on sera ainsi couvert dans

tout l'intérieur de l'ouvrage; car, tant qu'on se tiendra sur le terre-plein de la première face, on sera couvert par la crête intérieure de cette face, et lorsqu'on passera sur le second plan, la première face cessera de couvrir, mais ce sera la seconde qui deviendra couvrante à son tour.

Il est à remarquer que lorsque l'inclinaison des deux plans de défilement est très-grande; et qu'il en résulte un déblai trop considérable dans l'intérieur de l'ouvrage, on peut se dispenser de prolonger les deux plans du terre-plein jusqu'à leur intersection mutuelle. Si l'on joint en effet les deux points de tangence des plans de défilement, avec le saillant de l'ouvrage, on observera que les parties du terre-plein comprises entre chacune des droites de jonction et la face voisine, ne peuvent être relevées, parce que les points de tangence verraient tout ce qui se trouverait au-dessus de ces terre-pleins. Mais il n'en est pas de même de la partie angulaire comprise entre les droites qui vont aux points de tangence; elle ne peut être vue par-dessus le saillant, que de la portion de surface comprise entre les points de tangence, laquelle est inférieure aux plans de défilement. Si donc, par le saillant, on conçoit un cône tangent à cette surface, et qu'on le prolonge dans l'intérieur de l'ouvrage, on aura une surface conique qui se raccordera avec les deux plans voisins, et parallèlement à laquelle on pourra tenir le terre-plein. On pourrait aussi substituer à cette surface un ou plusieurs plans qui lui fussent tangens.

Le défilement que nous venons d'indiquer s'ap-

pelle assez généralement *défilement par le terre-plein*, parce que, dans ce cas, c'est le terre-plein seul sur lequel on opère.

105. Si la face qu'on a d'abord considérée, allait ficher dans la partie de surface qui domine le plan des crêtes, le défilement deviendrait impossible lorsqu'on ne peut changer les hauteurs des crêtes, à moins qu'on ne voulût élever une bonnette sur le saillant, pour intercepter les coups d'enfilade; moyen qu'on évite ordinairement d'employer à cause de ses inconvéniens. Ce que nous venons de dire d'une des faces, doit pareillement s'entendre de l'autre.

Figure 51. 106. Passons au troisième cas, celui où l'une des faces, prolongée, laisserait derrière elle la partie de la surface d'où les vues sont à craindre. Il n'y a plus alors, dans les données de la question, de ligne qui soit capable de couvrir le terre-plein, puisque le plan qui passerait par la crête de la branche que l'on considère, et qui serait en même temps tangent au terrain relevé, laisserait au-dessous de lui la seconde crête de l'ouvrage. Mais on voit aussi que si l'on élève jusqu'à ce plan tangent, et entre les deux crêtes, une traverse assez prolongée pour comprendre les directions de tous les coups de la hauteur qui peuvent prendre la face à revers, on aura résolu le problème. La position de cette traverse reste indéterminée, si l'on ne doit satisfaire qu'aux conditions du défilement, et si l'on n'agit que sur une des deux faces de l'ouvrage, ou qu'une des deux faces seulement craigne des vues de revers; mais si l'on voulait qu'elle s'élevât le moins possible, elle devrait nécessairement passer par le saillant, pour intercepter tous

les coups. Cependant, comme une traverse en ce point gêne beaucoup la défense et diminue trop l'espace, il vaut mieux généralement la reculer sur la seconde face, en augmentant son relief. Elle doit alors, pour remplir complétement son objet, être prolongée par dessus le parapet jusqu'à la ligne qui, passant par le saillant des crêtes intérieures, se dirige vers le point extrême d'où l'on peut avoir des coups à craindre; et lorsque cette condition ne permet pas d'éloigner assez la traverse, on brise le saillant par un pan coupé pour le reporter plus en arrière, ou bien on laisse une petite partie de sa crête en prise aux coups de revers de l'ennemi, ce qui n'est guère plus dangereux que pour les saillans qui sont défilés; car ce sera beaucoup si la plongée des coups de l'ennemi peut atteindre à un décimètre au-dessous du plan des crêtes.

Lorsque la seconde face de l'ouvrage est, comme la première, exposée à des vues de revers, c'est-à-dire, quand il se trouve des points dominans des deux côtés de l'angle formé par le prolongement des faces, on agit sur la seconde branche comme sur la première, et il en résulte un nouveau plan de revers, jusque auquel il doit aussi s'élever une traverse. On conçoit qu'en général il suffira d'une seule traverse pour les deux faces, et la manière la plus avantageuse de la placer, pour lui donner le moins de relief possible, sera de la mettre à l'intersection des deux plans. S'il convenait de la placer ailleurs, il faudrait l'élever jusqu'à la rencontre de celui des deux plans de revers qui est le plus haut. Lorsqu'on est obligé de diriger la traverse vers le saillant, il est

toujours bon d'en briser l'extrémité pour la reporter sur une des faces. Quelquefois, pour éviter les trop grands remblais, et lorsque les branches auront beaucoup d'étendue, au lieu d'une traverse, on en placera trois, savoir : une brisée, vers le saillant, qui serve pour une partie des deux faces, et qui rencontre par conséquent les deux plans de revers; et une autre derrière chaque face, en forme de parados, qui rencontre seulement le plan de revers de la face qu'elle sert à défiler. Quelquefois encore, on tracera un beaucoup plus grand nombre de traverses, lorsqu'on ne pourra pas les prolonger assez pour qu'une seule serve de parados à une face tout entière, comme il arrive souvent dans les chemins couverts, dans les contre-gardes, sur les courtines, et en général dans les ouvrages fort étroits. Dans tous les cas, les longeurs de ces traverses doivent être combinées de manière que, pour chaque face, les coups qui cesseraient d'être interceptés par la traverse la plus avancée, le soient par le parados suivant; c'est-à-dire que l'extrémité couvrante de la traverse, le commencement du parados et le point extrême le plus en arrière des points dominans, doivent se trouver en ligne droite, ou même former un angle obtus, dont l'ouverture soit tournée vers le saillant.

Figure 51.

Il est bien entendu, dans le cas dont nous venons de nous occuper, que non-seulement les faces doivent être défilées des points dominans en arrière de chacune d'elles, mais encore des points qui sont en avant; ce second défilement ne présente plus aucune difficulté, et se fait par les terre-pleins, comme on l'a dit plus haut, n.° 104.

Si, outre les vues directes et les vues de revers, on avait encore à se couvrir de l'enfilade, on serait forcé de placer la traverse au saillant, et de l'avancer jusqu'à sa rencontre avec le talus extérieur, en la relevant d'une quantité suffisante; ou bien de construire une bonnette. Les coups d'enfilade une fois interceptés, la question rentrerait dans les précédentes.

Enfin, un dernier cas se présente quelquefois, qui se combine avec les précédens, et qui est le plus désavantageux de tous; c'est celui où les deux faces sont vues à-la-fois de revers par une même partie du terrain, c'est-à-dire, où l'ouvrage est vu par la gorge. Il est évident qu'il n'y a point alors d'autre parti à prendre, que de fermer entièrement la gorge par un parados dont le sommet se trouve dans un plan passant par le saillant de l'ouvrage et les points dangereux du terrain relevé de la quantité convenable. Si cependant il y avait déjà quelque obstacle en arrière qui couvrît une partie des faces, il faudrait dans ce cas, après avoir déterminé, comme on l'a dit n.° 102, les limites de la partie couvrante, pousser le sommet de la traverse de la gorge jusqu'à la direction seulement des derniers coups dangereux.

107. Passons maintenant au défilement dans une circonstance qui se rencontre très-fréquemment; celle où le tracé de la ligne de feu est à peu près déterminé, mais où le relief ne l'est point entièrement. Nous supposons que le tracé ne soit pas tout-à-fait arrêté, parce que les opérations du défilement ne changent pas lorsqu'on ne fait que peu varier la position des lignes de feu, et que, dans bien des cas,

le tracé de la magistrale peut être connu, sans que pour cela la position de la crête intérieure soit déterminée.

Le cas que nous venons d'énoncer se subdivise lui-même en trois autres. 1.° Le relief peut être en partie connu au moyen de deux points, soit de l'ouvrage même, soit de quelque autre ouvrage collatéral ou en arrière, par lesquels doit passer le plan de défilement. Cette première circonstance se présente lorsque quelque partie du relief de l'ouvrage à défiler est déjà arrêtée, lorsqu'on a en arrière quelque poterne ou quelque maçonnerie à couvrir, lorsque le plan est assujetti à passer à une hauteur donnée au-dessus des saillans de deux ouvrages collatéraux ou avancés, ou bien lorsqu'il doit passer au-dessous d'ouvrages en arrière. 2.° Le plan de défilement peut n'être assujetti qu'à passer par un point. 3.° Il peut enfin n'être soumis à d'autre condition, que de donner pour l'ouvrage un relief compris entre certaines limites. Examinons successivement ces trois cas.

108. On voit que, dans le premier cas, le plan n'a plus qu'une seule condition à remplir pour être complétement déterminé; et celle à laquelle on le soumettra pour satisfaire au défilement, sera de le faire passer au-dessus de tout le terrain relevé compris entre les limites au-delà desquelles les coups de l'ennemi ne sont plus à craindre. Le problème du défilement sera résolu de cette manière, si l'ouvrage est couvert d'ailleurs à sa gorge. Mais, ainsi que nous l'avons vu dans la première partie, n.° 80, il ne sera pas toujours possible de faire passer par la droite qui unit les deux points donnés, un plan qui laisse

au-dessous de lui tout le terrain relevé ; cela arrivera lorsque la droite, et par conséquent l'ouvrage auquel elle appartient, seront entourés de points dangereux trop élevés. Le problème deviendra encore insoluble en pratique dans une autre circonstance, celle où le plan de défilement serait trop roide et donnerait un relief trop considérable vers le saillant, ou trop faible en quelque autre point. Le premier cas se subdivise lui-même en plusieurs autres que nous allons parcourir.

109. La droite qui passe par les deux points donnés, peut couper ou ne pas couper le terrain relevé en dehors de la fortification, dans les limites tracées pour le défilement. Supposons d'abord qu'elle ne le coupe pas, et négligeons les vues de revers par la gorge, qui ne peuvent dans aucun cas être interceptées que par des traverses ou des parados quelconques. On concevra le terrain situé en avant de l'ouvrage, divisé en trois parties : une première comprise dans l'angle formé par le prolongement des faces que l'on considère ; et les deux autres, de chaque côté de cet angle. Dans la supposition que nous venons de faire, il doit nécessairement arriver que le plan tangent à la partie de la hauteur qui est en dedans de l'angle, coupe les hauteurs latérales, et, réciproquement, que le plan tangent à-la-fois aux hauteurs latérales coupe la hauteur de face : car, sans cette double circonstance, le problème serait directement soluble. Or, en ne s'occupant pas de la hauteur comprise dans l'angle, on prendra pour plan de défilement, celui qui passe par-dessus les hauteurs latérales, s'il est possible d'en mener un, et ce

plan déterminera les crêtes intérieures de l'ouvrage. Cela fait, on défilera chaque face par son terre-plein, de la hauteur comprise dans l'angle; et de cette façon, l'ouvrage entier, ou du moins les deux branches qu'on a considérées, se trouveront défilées sans traverses. On observera seulement que pour que cette solution soit possible, il faut que les faces ne soient pas enfilées; sans quoi il deviendrait nécessaire de construire une bonnette au saillant, ou de diviser l'ouvrage en deux par une traverse, pour défiler ensuite séparément chaque partie des hauteurs qui lui font face.

Si la droite donnée coupait le terrain latéral relevé, ou qu'on ne pût faire passer par elle aucun plan laissant à-la-fois au-dessous de lui tous les points de ce terrain, il n'y aurait pas moyen de défiler sans traverses, et il deviendrait inutile alors d'assujettir les crêtes à se trouver dans un même plan. On emploierait un plan de défilement particulier pour chaque face, et chacun de ces plans ne devrait plus passer que par un des points donnés; cas que nous allons examiner tout-à-l'heure. Nous devons auparavant achever ce qui est relatif aux plans de défilement passant par deux points donnés.

110. Les solutions que nous venons d'indiquer, peuvent n'être point admissibles, ainsi qu'on l'a dit plus haut, à cause de la roideur des plans de défilement qui donneraient, ou des reliefs peu convenables, ou des terre-pleins impraticables (1). Si

(1) La limite de la hauteur des reliefs et celle de la roideur des terre-pleins se fixent, dans chaque cas particulier, par des considérations étrangères à l'objet de ce mémoire.

la trop grande roideur du plan de défilement dépend de la hauteur comprise dans l'angle des faces, et non des hauteurs latérales, on se défilera uniquement d'abord de ces dernières, ce qui diminuera le relief du saillant, et l'on fera ensuite le défilement de chaque face par son terre-plein. Mais ce moyen ne remédiant qu'à l'imperfection du relief, on corrigera ensuite la roideur des terre-pleins, en ne les tenant pas parallèles aux plans de défilement, mais en les abaissant vers la crête, ce qui n'aura d'autre inconvénient que d'allonger ou de roidir les talus des banquettes.

Si la roideur du plan dépend des hauteurs latérales, on ne peut se passer de traverses, et l'on agit comme dans le cas où le plan de défilement coupe une de ces hauteurs.

111. Passons maintenant au cas où le plan de défilement est donné par un seul point, soit de l'ouvrage même à défiler, soit de quelque autre ouvrage. Les opérations ne diffèrent alors de celles qui précèdent, que par la plus grande latitude dont on jouit pour la détermination du plan de défilement. Ce plan peut, en effet, toucher à-la fois en deux points différens le terrain relevé, ce qui permet souvent de le tenir beaucoup plus bas que lorsque deux de ses points sont donnés; et en outre, comme rien n'oblige, dans le plus grand nombre de cas, à lui faire toucher ainsi le terrain en deux points, il pourra prendre autour du point donné une infinité de positions, parmi lesquelles on choisira la meilleure, suivant les conditions de la question.

Les diverses particularités que nous avons exami-

nées ci-dessus, peuvent se présenter dans le cas où l'on n'a qu'un point du plan; mais, en général, les problèmes qui en résultent sont un peu plus faciles à résoudre, à cause de la plus grande liberté dont on jouit alors pour la position du plan de défilement.

On essaiera d'abord de défiler par un seul plan, c'est-à-dire, de faire passer par le point donné un plan qui laisse au-dessous de lui toute la surface relevée du terrain, dans les limites des points à craindre. Il arrive quelquefois qu'une foule de plans peuvent satisfaire à cette condition, et ils sont alors limités par les plans qui touchent le terrain en deux points, sans le couper nulle part.

Ces plans *limites* s'obtiennent par une des méthodes exposées dans la première partie (n.os 92 et suivans); mais on ne choisira l'un d'eux pour plan de défilement, qu'autant qu'il donnera des reliefs convenables, et, en général, qu'il satisfera aux conditions essentielles à toute bonne fortification. Quelquefois il faudra faire rouler le plan tangent sur la surface du cône déterminée par le point donné et l'un des sommets où il touche le terrain relevé, pour l'abaisser vers certaines parties et le relever ailleurs; souvent même, il faudra le détacher entièrement du terrain relevé, pour donner à son horizontale une direction convenable, et pour obtenir un bon relief. En général, lorsque le terrain laissera beaucoup d'indétermination pour le choix du plan de défilement, on ne manquera pas de conditions ultérieures pour fixer ce plan; on en trouvera même ordinairement plus qu'on n'en pourra

remplir, mais alors on négligera les moins importantes.

Si l'on ne peut laisser au-dessous d'un seul plan tout le terrain relevé, on vérifiera si la hauteur dominante ne se trouve pas dans l'angle des faces prolongées ; on défilerait dans ce cas par le terre-plein, comme il a été dit plus haut. Si l'on ne peut user de cette ressource, on aura recours aux traverses, en évitant d'en placer aucune dans l'angle saillant; dès-lors on défilera chaque partie de l'ouvrage, du terrain en avant, sans s'inquiéter des vues de revers, qui seront interceptées par les traverses.

112. Nous n'insisterons pas davantage sur les particularités que présente le défilement lorsque l'un des points du plan est donné, parce que tout ce que nous pourrions ajouter appartiendrait aussi bien au cas que nous allons examiner maintenant, où le tracé seulement d'un ouvrage est donné, sans qu'aucun point de son relief ou de son plan de défilement soit connu. Ce dernier cas est le plus fréquent, parce qu'il n'arrive pas ordinairement qu'on se soit donné, sur les crêtes intérieures, des points tellement fixes qu'on ne puisse les faire varier entre certaines limites.

Si l'ouvrage a des vues à craindre dans plus de deux directions différentes, on essaiera de faire passer un seul plan par-dessus tout le terrain relevé compris dans la limite des coups dangereux. Ce plan pourra toujours se déterminer, comme on l'a dit plus haut (n.° 99) ; mais il donnera souvent des reliefs tout-à-fait inadmissibles et alors il y faudra renoncer.

113. Si les vues de l'ennemi n'étaient à craindre

que dans deux directions, on pourrait appuyer un plan sur les deux sommités dangereuses, et le faire ainsi monter ou descendre, en tournant sur une surface développable tangente au terrain relevé, jusqu'à ce qu'il donnât pour l'ouvrage un relief convenable. On pourrait encore, dans ce cas, fixer le relief d'un des points de l'ouvrage, ce qui acheverait de déterminer le plan, en ramenant d'ailleurs la question à celle du n.° 111.

Il arrive aussi quelquefois, bien qu'il n'y ait que deux hauteurs dont on craigne les vues, qu'aucun des plans qui les touchent toutes deux, ne donne des reliefs convenables, ou que les horizontales de ces plans se trouvent mal dirigées, par rapport au terrain à battre ou aux ouvrages voisins. Il peut être alors avantageux de relever le plan au-dessus d'un des points de contact, en le laissant toujours tangent dans le voisinage de l'autre; et lorsque le point de tangence que l'on conserve sera connu, et qu'on se donnera à sa convenance un des points de la crête intérieure de l'ouvrage, rien ne sera plus facile que le tâtonnement qui menera au choix du meilleur plan. On tirera une ligne du point de tangence au point donné de l'ouvrage, et on la cotera de mètre en mètre; chacun des points de division appartiendra à l'une des horizontales du plan cherché, et l'on n'aura plus qu'à diriger ces horizontales de manière à satisfaire aux conditions que l'on a en vue. On pourra, par exemple, les faire passer au-dessus d'un plan de défilement déjà connu, ou les faire ficher dans un ouvrage qui doive commander celui qu'on défile; mais il faudra avoir bien soin, en même temps, de vérifier si le plan

que l'on aura choisi ne rencontre pas le terrain relevé en quelque endroit dont les vues soient à craindre. S'il arrivait qu'aucun des plans qu'on peut faire passer par la droite divisée, ne satisfît aux conditions essentielles qu'on s'est imposées, on ferait varier la hauteur du point de la crête intérieure qu'on se donne, autant qu'on pourrait le faire sans cesser d'avoir un relief convenable, et l'on agirait sur la nouvelle ligne qu'on obtiendrait ainsi, comme on l'a fait sur la première, jusqu'à ce qu'enfin on arrêtât un plan de défilement.

On remarquera que cette manière d'opérer n'est pas tout-à-fait exacte, parce qu'elle suppose que le point de tangence du plan sur le terrain ne varie pas lorsqu'on fait varier la direction des horizontales de ce plan; mais la plupart du temps elle donnera dans la pratique une exactitude suffisante. Si la forme du terrain, cependant, exigeait qu'on y mît plus de précision, on agirait comme il suit : après avoir choisi approximativement un plan, au moyen de la direction de ses horizontales, comme on vient de le dire, on releverait ou on abaisserait ce plan jusqu'à ce qu'il touchât effectivement la surface, en employant la méthode rigoureuse exposée n.° 75, c'est-à-dire, en faisant passer par l'horizontale du point donné sur l'ouvrage, un plan tangent à la surface relevée du terrain; puis on vérifierait encore si ce nouveau plan satisferait toujours aux conditions prescrites, ce qui arrivera généralement. Dans le cas contraire, on dirigerait convenablement son horizontale, et l'on recommencerait, s'il était nécessaire, l'opération précédente, &c. Mais il n'est

point ordinaire qu'on soit obligé de faire un long tâtonnement, et il est rare qu'après le premier ou le second essai, on n'obtienne pas avec une exactitude suffisante la position du plan de défilement.

Quelquefois enfin, soit qu'on ait à craindre les coups de l'ennemi dans deux directions, ou dans une seulement, il peut être avantageux pour le relief, de faire passer le plan de défilement beaucoup au-dessus du terrain. Ce cas se présente évidemment, d'abord, quand l'ouvrage à défiler est sur une élévation, et que les points dangereux sont dans la plaine au-dessous; il peut encore avoir lieu lorsque, l'ouvrage étant situé sur un plan incliné, ce plan prolongé passe au-dessus des points les plus dominans de la campagne. En général, les plans tangens à la surface relevée du terrain, ne peuvent être considérés que comme des limites, au-dessous desquelles le plan de défilement ne peut descendre, mais au-dessus desquelles il peut s'élever autant qu'on voudra; car on regarde le relief des ouvrages comme d'autant meilleur, que le plan des crêtes, et sur-tout le prolongement des faces, s'élèvent plus au-dessus de la campagne; parce que, indépendamment d'autres avantages, le défilement est alors mieux assuré.

114. Lorsqu'on ne pourra faire passer par-dessus tout le terrain un plan qui donne un relief convenable, on essaiera du moins de défiler par le terre-plein, en négligeant la hauteur comprise dans l'angle des faces prolongées. Si ce moyen est insuffisant, on aura recours aux traverses pour diviser l'ouvrage en parties dont chacune, n'ayant alors à craindre que des coups directs, se défile avec plus de facilité. Mais

ce dernier moyen, que nous avons aussi indiqué pour plusieurs des cas précédens, n'est pas toujours praticable lorsque l'ouvrage est fort étroit, comme une contre-garde, une courtine, un chemin couvert, &c., parce qu'alors la direction des traverses est à peu près déterminée, et que souvent on ne peut pas les établir de façon à intercepter entièrement les coups de revers.

115. La manière de disposer les traverses pour aider à l'opération du défilement, n'est point une chose aisée, et quelquefois même, comme nous venons de le dire, il est impossible de les tracer convenablement, en sorte que le problème du défilement devient insoluble. Nous allons, avant de passer plus loin, ajouter quelques observations à celles que nous avons déjà faites à ce sujet, sans trop insister cependant sur un objet qui ressort plutôt de l'art de la fortification que du dessin.

Nous avons dit d'abord qu'il fallait éviter de placer les traverses dans les angles saillans, pour ne pas trop obstruer les ouvrages; mais si les coups de revers dont on veut se couvrir approchent beaucoup de l'enfilade, on est pris d'écharpe par-dessus la petite portion de parapet comprise entre le saillant et la traverse, quoiqu'on ait pu prolonger cette traverse jusqu'au talus extérieur du parapet. Si la partie vue de l'ennemi ne s'étend qu'à quelques mètres du saillant, ou qu'on puisse la réduire à peu de chose, en formant un pan coupé, on la néglige ordinairement, comme nous l'avons dit; mais si les vues de l'ennemi peuvent s'étendre sensiblement le long de la face, il faut avoir recours à un expédient pour

s'y soustraire. On sacrifie la portion de crête intérieure comprise entre le saillant et la traverse, et on la tient assez élevée pour qu'elle couvre toute la face adjacente : il en résulte que la banquette parallèle à cette portion de crête est prise d'enfilade ou de revers ; mais cet inconvénient peut être regardé comme nul, à cause du peu de longueur de cette banquette, et parce que, d'ailleurs, le terre-plein reste toujours parfaitement couvert.

Lorsqu'une traverse servant aux deux branches d'un ouvrage ne peut être prolongée, parce que son relief deviendrait trop grand, ou parce qu'elle rencontre le bord d'une contrescarpe, et qu'alors on est obligé de lui substituer une suite de traverses dont chacune ne couvre qu'une partie de la face voisine, on est quelquefois fort gêné pour la disposition de ces traverses : car, d'une part, elles remplissent souvent d'autant mieux leur objet de couvrir des vues de revers, que leur direction s'éloigne moins de celle de la face qu'elles doivent couvrir ; et d'un autre côté, cependant, il peut arriver que le peu de largeur des ouvrages force à les placer dans une direction presque perpendiculaire aux faces. Leur direction, en outre, est commandée, dans bien des cas, par la condition d'être enfilée des ouvrages en arrière.

Autant qu'on le peut, on isole les traverses des parapets, de manière à ne point interrompre la ligne de feu. D'autres fois, pour éviter de les trop multiplier, on les prolonge jusqu'à la crête intérieure : dans ce cas, il faut avoir soin, si la rencontre de la face et de la traverse se fait sous un angle très-aigu, de briser cette dernière près du point de rencontre, de ma-

nière à la faire arriver moins obliquement sur la crête.

Les traverses étant le plus ordinairement des masses mortes qui ne sont destinées à porter aucune défense, on les élève de quelques décimètres au-dessus des plans de revers, afin de mieux couvrir; mais lorsqu'on place derrière elles des banquettes ou des plates-formes pour l'artillerie, les traverses peuvent être considérées comme faisant partie des parapets de l'ouvrage, et doivent être assujetties elles-mêmes à se trouver dans un plan de défilement: c'est le cas des traverses du chemin couvert. Lorsqu'en tenant les traverses au-dessus des plans de revers, ou en les arrêtant à ces plans seulement, il en résulte des reliefs trop considérables, on remarquera qu'il est quelquefois possible d'abaisser une partie de ces masses couvrantes. Tous les points du terrain, en effet, ne sont pas également dangereux, et il arrive souvent qu'on soit vu de revers par une sommité, à droite et à gauche de laquelle le terrain s'abaisse plus ou moins sensiblement: si l'on joint alors les deux extrémités de la face qu'on doit couvrir avec ce point culminant, il en résulte un plan jusqu'auquel doivent nécessairement s'élever les traverses ou la traverse unique dans tout l'espace compris entre les deux droites de jonction; mais de chaque côté de l'angle formé par ces droites, la traverse peut s'abaisser en s'arrêtant à la surface conique engendrée par une droite qui passe par l'extrémité de la face, et qui s'appuie sur la pente de la hauteur d'où les vues sont à craindre.

Il est essentiel d'observer encore que, pour un

seul ouvrage, il peut se faire que le point le plus dangereux ne soit pas le même dans toutes les parties, à cause de certains obstacles qui couvrent une portion de cet ouvrage. Cette circonstance sert à limiter la longueur des traverses, et sur-tout à en diminuer le relief ; elle peut faire aussi qu'un terre-plein, après avoir été tenu dans un plan, se relève subitement sans être vu. La ligne suivant laquelle le terre-plein pourra se relever ainsi, se trouvera sur la direction qui va du point dont on s'est défilé d'abord, au commencement de l'obstacle qui intercepte une partie des coups. Il se présente encore souvent d'autres particularités qu'il faut avoir soin de reconnaître, parce qu'elles aident au défilement et à la détermination des traverses, dans les cas difficiles.

116. Tout ce que nous avons dit jusqu'à présent sur le défilement, était particulièrement relatif aux ouvrages composés de deux branches seulement, comme les demi-lunes ; mais on peut l'appliquer facilement au cas plus général où l'ouvrage aurait une forme quelconque. La manière de défiler par un seul plan ou par les terre-pleins, sera la même, quel que soit le nombre des faces de l'ouvrage ; il y aura seulement quelque différence dans l'emploi des traverses. Il arrivera souvent, en effet, qu'une même traverse doive couvrir deux faces ou deux portions de face, et dans ce cas, on l'arrêtera à celui des deux plans de revers qui laissera l'autre entièrement au-dessous de lui dans l'espace qu'on veut couvrir ; ou bien, si les deux plans se coupent dans cet espace, et que leur intersection rencontre le

plan vertical passant par l'axe de la traverse, cette dernière devra être assez élevée pour laisser les deux plans au-dessous d'elle, car rien n'oblige à l'arrêter précisément à l'un d'eux.

117 Lorsqu'un ouvrage de quelque étendue est composé de parties distinctes, comme, par exemple, un front de fortification, il est rarement avantageux de le tenir dans un seul plan de défilement, lors même qu'on ne craint point d'être vu de revers, et qu'on n'est point obligé d'avoir recours aux traverses. Pour qu'un ouvrage soit défilé, il suffit en effet que tous les plans déterminés par les crêtes et qui sont parallèles aux terre-pleins, passent par-dessus le terrain relevé en avant de chaque face, et que, de plus, chacune de ces faces soit couverte contre les coups de revers et d'enfilade, par quelque autre face du même ouvrage, par un ouvrage latéral, ou enfin par des traverses. Or, rien dans ces conditions n'exige que les terre-pleins des diverses faces ne forment qu'un seul plan. On a donc bien fait de renoncer à l'ancienne pratique d'après laquelle on s'attachait à n'avoir en général qu'un seul plan de défilement pour tout un ouvrage, ou même pour un front entier. L'établissement d'un bon relief étant l'objet le plus important, c'est principalement à l'obtenir qu'il faut s'appliquer, lorsque le défilement sur-tout n'offre pas de grandes difficultés. Ainsi, par exemple, s'il s'agit d'un front de fortification, on se donnera d'abord les limites du relief convenable pour un bastion, et l'on cherchera ensuite un plan de défilement qui satisfasse à ces limites, en se rappelant qu'il est inutile que ce plan touche en effet le terrain

relevé, qu'il est préférable au contraire qu'il passe beaucoup au-dessus, et qu'on ne le prendra tangent que lorsque cette position *limite* satisfera mieux que toute autre aux conditions essentielles. On pourra même aussi prendre des plans différens pour les faces et pour les deux flancs, pourvu qu'en agissant *ainsi* l'on ne s'expose pas aux vues de revers. Le premier bastion défilé, on agira de même pour le second; et si pour la courtine on n'a que des coups directs à craindre, son défilement se fera à part aussi, sans la moindre difficulté.

Lorsque le front entier aura à craindre des coups de revers ou d'enfilade, on le défilera moins facilement sans traverses, et l'on n'y parviendra même que dans un petit nombre de cas. On pourra, lorsque les coups de revers seront moins dangereux pour un bastion que pour l'autre, tenir le bastion qui est le moins exposé, assez élevé pour couvrir l'autre d'une partie des vues de l'ennemi; le défilement de ce dernier deviendra alors moins difficile; il pourra même arriver que la courtine soit couverte de l'enfilade par un des deux bastions voisins, et qu'on n'ait plus qu'à la défiler directement. D'autres fois, une seule traverse élevée dans le milieu d'un bastion conduira au même résultat, en protégeant une grande partie du front entier contre les coups les plus dangereux. Mais souvent, le problème du défilement n'est point aussi simple, surtout lorsque les diverses parties d'un front doivent avoir des reliefs fort différens, et que la pente générale des ouvrages se trouve opposée à celle des plans de défilement. Il faut alors défiler par parties au

moyen de traverses, opération à laquelle on donne quelquefois le nom de *défilement par ressauts.*

118. Lorsqu'on n'est point gêné pour la position des traverses, rien n'est plus facile que ce genre de défilement. On subdivise l'ouvrage en autant de parties qu'il est nécessaire, et l'on regarde chacune d'elles comme un ouvrage isolé qu'on défile indépendamment des autres, en lui donnant un relief convenable. Les traverses font alors l'office de parapets, pour fermer les portions d'ouvrages, et avec d'autant plus d'avantage, qu'il n'est pas besoin qu'elles s'arrêtent elles-mêmes aux plans de défilement déterminés pour les faces. Le cas le plus simple est celui où l'on divise ainsi un front entier en trois parties, au moyen de deux traverses placées aux extrémités de la courtine, dont l'une sert à couvrir la courtine même, et l'autre, dans le prolongement du flanc, isole le second bastion. Lorsque la courtine est vue à dos, et qu'on ne peut pas prolonger la traverse qui la couvre autant qu'il serait nécessaire, ni élever sans inconvéniens un parados continu, on la subdivise encore en plusieurs parties qu'on défile séparément. On est enfin quelquefois obligé d'agir de la même manière pour l'intérieur des bastions, lorsque les plans de défilement deviennent trop roides pour donner des reliefs convenables dans toutes les parties. Cependant, on peut aussi disposer un réduit intérieur ou un cavalier de manière à faire l'office de traverses, et cette disposition, lorsqu'elle est praticable, devient d'autant plus avantageuse, que, loin de gêner la défense, elle y ajoute au contraire.

119. Si l'emplacement des traverses est entièrement arbitraire, on doit s'imposer, en les traçant, la condition d'en élever le moins possible, et de les disposer de façon qu'elles gênent peu les manœuvres des défenseurs et les feux des parapets, en remplissant toujours d'ailleurs la condition d'être dirigées de telle manière, lorsqu'elles appartiennent à des ouvrages avancés, qu'elles soient parfaitement enfilées par les feux des ouvrages en arrière. Mais il arrive fort souvent que la position des traverses d'un ouvrage est déterminée, du moins en partie ; on n'a plus de ressources alors que dans la combinaison de leur relief avec celui des faces qu'elles couvrent; et si elles ne peuvent être suffisamment prolongées, le défilement devient impossible. Ce dernier cas se présente fréquemment dans les chemins couverts et les contre-gardes étroites, parce que la contrescarpe étant très-rapprochée de la crête intérieure, la traverse du saillant ne peut être prolongée, et que les autres doivent être tracées perpendiculairement à peu près à la direction des faces. Il faut alors chercher à défiler sans traverses, par un plan unique ou par les terre-pleins, toute la partie qui ne peut être couverte des vues de revers par l'ouvrage en arrière et par les traverses qu'on place ordinairement vis-à-vis le saillant de cet ouvrage; le défilement devient facile pour le reste des faces, puisqu'on n'a plus à craindre que des vues directes. C'est dans la combinaison des reliefs des diverses parties d'un chemin couvert que l'habileté des ingénieurs a le plus souvent à s'exercer, et ils doivent chercher à tirer de chaque circonstance particulière, des secours qu'il est

impossible d'analyser ici. Il ne faut pas oublier, dans de semblables opérations, que quelquefois une ligne couvrante peut s'abaisser dans une partie au-dessous du plan de revers d'une face, parce que les coups dangereux dans ce plan sont interceptés sur une certaine longueur de la face, par un point couvrant quelconque ; en sorte que, pour cette partie, le plan de revers s'abaisse nécessairement. Il en résulte que parfois une face qui a exigé une traverse pour être couverte du côté du saillant, peut l'être plus loin par la crête opposée de l'ouvrage même, ou par quelque autre traverse qui ne la couvrait pas d'abord.

120. Lorsque l'ouvrage en arrière d'une contre-garde ou d'un chemin couvert est fort obtus, et qu'on craint des vues de revers dans toutes les directions comprises entre le prolongement de chaque face et la ligne qui va de son extrémité au point couvrant du saillant en arrière, il devient impossible d'user de toutes ces ressources ; il faut alors renoncer à défiler une des faces, et l'élever assez pour couvrir l'autre, ou placer derrière chacune d'elles un parados appuyé à la contrescarpe. Ce dernier moyen ne peut être employé que lorsque la largeur du terre-plein le permet, et quand il n'en résulte pas de graves inconvéniens, comme de donner des couverts à l'ennemi, ou même de lui fournir des établissemens tout faits. Il est rarement applicable aux contre-gardes ; mais il peut être d'un excellent effet pour les chemins couverts, lorsque la position de leurs crêtes n'est point déterminée. Au lieu de placer un parados en forme de traverse, on relève la contrescarpe jusqu'à ce qu'elle puisse couvrir la crête des vues de

Figure 32. revers, et l'on avance assez cette crête, pour qu'on ait la possibilité de construire un glacis depuis la contrescarpe jusqu'au terre-plein du chemin couvert. Cet ouvrage est alors généralement facile à défiler de front, et s'il craint encore quelques coups de revers entre la direction de sa crête et celle de la contrescarpe, on l'en préserve par une traverse fermant cette trouée. Quelquefois il est nécessaire de relever ainsi la contrescarpe sur les deux branches, mais souvent il est suffisant de le faire d'un seul côté. Ce procédé n'est applicable qu'autant qu'on ne s'écarte pas, en l'employant, des conditions que doit remplir toute bonne fortification; mais on voit aussi que quand il est possible, il présente de grands avantages, sous le rapport même de la défense; car le nouveau glacis éloigne des fossés l'ennemi déjà maître des chemins couverts, et le force à établir ses batteries sur le bord même de la contrescarpe relevée, ce qui rend, dans certains cas, la brèche impossible à faire autrement que par la mine.

On peut faire usage de la même construction à la gorge des ouvrages de quelque étendue, lorsqu'ils sont vus à dos : on relève cette gorge jusqu'à ce qu'elle couvre les parties qu'on veut défiler, et l'on soumet au feu des ouvrages en arrière le glacis qui résulte de cette disposition.

121. On défile encore un ouvrage par ressauts, lorsqu'on veut que les diverses parties dont il se compose soient défilées successivement l'une de l'autre, et bien qu'il pût être tenu dans un seul plan sans donner des reliefs inadmissibles. Ce cas est celui des branches de chemin couvert, quand elles sont

susceptibles d'être défendues pied à pied, et que, par conséquent, chaque partie comprise entre deux traverses doit être couverte des vues de l'ennemi établi sur la partie immédiatement en avant. On ne doit penser à exécuter ce genre de défilement, qu'autant que le tracé des traverses est tel, qu'au moyen de chacune d'elles et du saillant de l'ouvrage enveloppé par le chemin couvert, on est entièrement dérobé, à la sortie des passages, aux vues de l'ennemi établi sur la partie opposée du glacis. Ce défilement n'offre aucune difficulté lorsqu'on n'a pas à craindre des coups de revers de la campagne; et, suivant les cas qui se présenteront, on tiendra tous les plans de défilement partiels parallèles entre eux, en appuyant le plus bas de tous sur le terrain extérieur relevé, ou bien, lorsque cette méthode donnera des reliefs trop forts pour les parties comprises entre les dernières traverses, on relevera tous ces plans du côté de la campagne, de façon qu'on puisse les abaisser du côté de la place. D'autres fois, lorsqu'on ne pourra pas ainsi roidir les plans de défilement, on les fera concourir vers un même point du terrain relevé; quelquefois enfin, ils pourront au contraire diverger, lorsqu'ils seront assujettis à passer chacun par un point connu en arrière, et qu'ils donneraient des reliefs peu convenables, en les tenant tous parallèles au plan qui défile la place d'armes saillante.

122. Mais l'opération se complique souvent beaucoup, lorsqu'on a des vues de revers à craindre entre le saillant et l'ouvrage en arrière, et qu'on n'emploie pas les glacis de contrescarpe. Il faut en effet, alors, que la crête du saillant du glacis couvre le

Figure 55. terre-plein de la partie de la branche opposée qui est en arrière de la première traverse, et que, de plus, cette partie soit elle-même défilée du saillant et d'une certaine longueur de crête à droite et à gauche. Cette double condition exige, 1.° que le plan tangent au terrain relevé, passant par la crête de la partie avancée du chemin couvert qui doit intercepter les coups de revers, laisse au-dessous de lui la branche de chemin couvert qui pourrait être vue entre la première traverse et le saillant de l'ouvrage en arrière; 2.° que le plan de défilement de la place d'armes saillante coupe le plan de défilement de la branche en arrière suivant une droite laissant en avant d'elle la plus grande partie de cette place d'armes.

Supposons que la crête de la place d'armes saillante et la position de la première traverse soient fixées; on pourra s'y prendre de la manière suivante pour résoudre le problème : on concevra un plan vertical passant par le point couvrant du saillant de l'ouvrage en arrière et par l'extrémité de la traverse, et l'on prendra son intersection avec le plan tangent au terrain relevé, passant par la crête de la branche couvrante de la place d'armes. Par cette droite d'intersection on fera passer un plan qui laisse au-dessous de lui, à une hauteur suffisante, le sommet de la place d'armes et tout le terrain en avant, et ce sera le plan de défilement cherché. Si ce plan n'était point convenable sous le rapport du relief ou pour toute autre cause, et qu'on ne pût pas, sans inconvéniens, le roidir, en le laissant toujours passer par la même droite, on ferait varier la position de cette droite d'intersection, en faisant tourner le plan vertical qui

la contient, soit autour du saillant de l'ouvrage, soit autour de l'extrémité de la traverse.

Le tâtonnement deviendra plus long et plus difficile, lorsque le plan de défilement de la place d'armes sera indéterminé en même temps que celui de la partie du chemin couvert immédiatement en arrière; car il faudra recommencer les essais que nous venons d'indiquer, pour chaque hypothèse différente qu'on pourra faire sur la position du plan de défilement de la place d'armes, jusqu'à ce qu'on parvienne à deux plans qui satisfassent le mieux possible à toutes les conditions que l'on s'est imposées.

123. Les traverses du chemin couvert sont en général destinées à porter des banquettes; cependant, il n'est pas toujours possible de les défiler elles-mêmes: c'est ce qui arrive sur-tout lorsqu'elles servent contre des vues de revers dirigées sur le saillant; il faut alors renoncer aux banquettes, à moins que les coups de revers ne soient fort éloignés, et par conséquent peu à craindre.

124. Ce que nous venons de dire des chemins couverts, s'applique à tous les ouvrages qu'on défilerait par ressauts, et dans lesquels les traverses se trouveraient disposées d'une manière analogue. Nous n'entrerons pas ici dans le détail de tous les cas qui peuvent se présenter pour tous les ouvrages, ni même pour un seul en particulier. Un tel examen appartiendrait à un cours complet de fortification, et ne serait point, d'ailleurs, entièrement exécutable, parce que, les données variant à l'infini, la même question peut avoir une infinité de solutions différentes. La fortification n'est point une science

dont on puisse développer complétement les principes dans des écrits, mais un art qui, comme tous les arts d'imagination, n'est pas soumis à des règles absolument invariables, et dans lequel on ne se perfectionne que par une longue pratique. Les écrits ne peuvent donner que des idées générales et quelques exemples que chacun applique et étend ensuite, selon la nature de son esprit. Nous avons donc dû nous borner à l'énoncé de quelques-unes des difficultés principales qui peuvent se rencontrer, sans indiquer aucune méthode générale pour les résoudre; sans donner de dimensions précises entre lesquelles il soit indispensable de se renfermer; sans nous occuper de charnières, qu'il faut, dans chaque ouvrage, choisir de telle ou telle manière déterminée; sans parler enfin de plan de site général, par rapport auquel on dispose toutes les parties de la fortification, comme si l'on agissait sur un plan horizontal. Le tracé a dû être étudié d'après la nature des formes du terrain; le relief doit être calculé d'après des conditions qui en dépendent essentiellement aussi; et le défilement ne devient plus alors qu'une opération accessoire, à laquelle il faut éviter, autant que possible, de sacrifier les conditions importantes du relief et du tracé. C'est pourquoi nous pensons qu'il faut, dans le plus grand nombre de cas, défiler par parties, pour se laisser plus de latitude dans le réglement des hauteurs, et que le défilement général ne doit être employé que lorsque le terrain est fort peu accidenté, et que le plan qui contient les crêtes se trouve presque parallèle au sol sur lequel doit s'élever la fortification.

125. *Il* semblerait d'après ce que nous venons de *dire*, que nous soyons dispensés d'examiner le cas où il s'agit d'établir le défilement d'un ouvrage avant que son tracé général soit arrêté, puisque nous avons énoncé que le tracé devait résulter du terrain qui sert d'assiette à la fortification, et de celui qui doit être soumis au feu des ouvrages. Ce principe cependant, en le poussant à l'excès, deviendrait un défaut aussi grave que celui que nous voulons éviter. Il serait très-maladroit en effet, à moins d'y être *tout-à-fait* contraint, de se jeter dans des rem*blais* excessifs ou des difficultés insurmontables de défilement, pour chercher, par le tracé, des avantages qui deviendraient illusoires à cause du mauvais défilement ou de la quantité de traverses qui encombre*raient les ouvrages.* Il faut, pour que la fortification soit bien tracée, et qu'elle s'adapte le mieux possible au sol, que non-seulement toutes ses parties se défendent mutuellement et battent le terrain en avant, mais encore qu'elles se prêtent avec facilité au défilement, *afin* de se soustraire elles-mêmes aux vues de l'ennemi, sans qu'il en résulte des reliefs trop inégaux. *Ainsi*, quand le tracé général sera arrêté, sans que chaque face d'ouvrage en particulier soit absolument déterminée, on devra, lorsque des difficultés de défilement se présenteront pour l'une d'elles, faire varier sa position pour la soustraire aux coups les plus dangereux, autant toutefois qu'en agissant ainsi, on ne violera pas les lois essentielles du tracé. On doit même, par le tracé général, tâcher de disposer les ouvrages de manière à rendre le défilement plus facile : or, il existe pour cela cer-

taines règles dont il est bon de ne pas trop s'écarter. Ces règles, établies d'abord par M. Dubuat, présentées ensuite sous une forme différente par M. Say, et plus tard encore par d'autres officiers, sont fort simples et se déduisent de la seule observation. Nous allons les exposer de nouveau.

126. Par un point du terrain, pris au milieu de l'espace que doivent occuper les ouvrages, supposons qu'on ait élevé une verticale égale à la hauteur moyenne présumée du relief qu'on veut donner à ces ouvrages, et faisons passer par l'extrémité de cette verticale un plan qui laisse au-dessous de lui, tous les points dangereux du terrain environnant relevé de la quantité nécessaire. Lorsque les ouvrages seront tracés, leurs plans de défilement devront, en général, différer peu de ce plan *fictif*, en sorte qu'on peut supposer qu'ils lui seront parallèles. Dès-lors, pour que tous les ouvrages aient un relief uniforme, il faudra que leurs crêtes suivent, sur le plan fictif, des directions à peu près parallèles au terrain, et que, s'il s'agit d'un front entier, ou d'un développement d'ouvrages quelconques, la suite des lignes qui joignent les saillans de ces ouvrages satisfasse à la même condition. On trouvera sur le plan fictif la direction parallèle au terrain, en prenant l'intersection de ce plan avec le terrain relevé d'une quantité égale au relief moyen des ouvrages. Cette intersection trouvée, les faces des ouvrages, ou la ligne qui joindra leurs saillans, devront s'appuyer sur elle, ou s'en écarter le moins possible. Voilà pour la règle générale; voyons maintenant quelles sont les règles particulières qu'on peut en

déduire, d'après la manière dont le plan de défilement, et par conséquent le terrain extérieur, se présentent par rapport au sol de la fortification.

127. Supposons d'abord le sol horizontal : la ligne parallèle au plan de défilement, suivant laquelle la fortification devra se développer, sera elle-même horizontale. Or, si le terrain dont on s'est défilé est également horizontal, ou si les points les plus dangereux sur lesquels s'appuie le plan sont situés sur une droite horizontale, il est évident que la fortification devra être parallèle à la hauteur ou à la droite qui joint les points dangereux. Dans le cas, au contraire, où les points dont on s'est défilé se trouveraient sur une droite inclinée, cette droite irait rencontrer l'horizontale sur laquelle se trouveraient les ouvrages, en sorte que la fortification devrait être disposée de manière à concourir avec la partie la plus basse de cette même droite, en s'éloignant de sa partie la plus élevée. On conçoit en effet qu'il doit en être ainsi, puisque plus les points dont on se défile sont élevés, plus ils deviennent dangereux, et plus, par conséquent, il faut s'en éloigner pour que le plan de défilement conserve la même inclinaison, lorsque les reliefs ne changent pas.

Si maintenant on suppose que le sol même de la fortification soit incliné, il faudra toujours que la direction des ouvrages reste parallèle à l'intersection du plan de défilement avec le terrain ; c'est-à-dire que si le sol et la ligne sur laquelle s'appuie le plan de défilement pendent à peu près dans le même sens, la fortification devra se développer parallèle-

ment à la ligne des hauteurs; que si, au contraire, la pente du sol concourt avec celle des hauteurs, le tracé de la fortification devra concourir vers le même point, et que si, dans son développement, ce tracé passe sur des pentes variables, il devra changer autant de fois de direction que les pentes elles-mêmes changent de point de concours avec la ligne des hauteurs.

Ce que nous venons de dire de la fortification située dans une plaine qu'on défile d'une hauteur, doit s'entendre également de la fortification située sur des coteaux et qu'on défile d'une plaine inférieure. Ainsi, dans le cas où le terrain dont on se défile sera horizontal, la fortification elle-même devra suivre l'horizontale du coteau; si la plaine s'incline de façon que le plan de défilement la rencontre suivant une droite oblique par rapport à la direction de la colline, le tracé des ouvrages devra tendre à concourir vers cette ligne.

128. Nous ne nous arrêterons pas à examiner toutes les conclusions particulières qu'on pourrait tirer de la règle que nous avons énoncée; nous nous bornerons à dire pour exemple, que si l'on a un ouvrage à établir sur une arête qui monte ou qui descende dans la direction du plan de défilement, l'ouvrage devra présenter un saillant sur la crête; que dans le cas, au contraire, où le terrain formerait un ravin, les ouvrages à construire sur ce terrain devraient avoir, dans le fond, un rentrant protégé par des branches latérales qui se développeraient en avant sur le penchant des deux collines.

Nous dirons enfin que si l'on a un ouvrage à

construire sur un terrain dont la pente diffère beaucoup de celle du plan de défilement, il faut, en général, éviter de faire présenter un saillant du côté où le plan se relève le plus par rapport au sol. Mais, nous le répétons, toutes ces règles ne doivent être regardées que comme des indications dont on s'éloignera le moins possible, sans s'astreindre cependant à les suivre exactement, parce que mille circonstances indépendantes du relief déterminent le plus souvent le tracé des ouvrages, et qu'il ne faut chercher la commodité du défilement que lorsqu'elle ne porte pas préjudice à la bonne disposition des ouvrages.

Nous terminons ici ce que nous avions à dire sur le défilement, parce que nous ne pourrions pas entrer dans de plus grands développemens sans trop nous écarter de notre sujet; les lecteurs trouveront peut-être même que les détails qui précèdent ne tiennent pas immédiatement à l'exposé des méthodes pratiques du dessin de la fortification; mais la détermination des diverses parties de la fortification dépendant principalement de celle des crêtes des ouvrages, nous avons cru devoir insister un peu sur la manière dont on trouve les plans qui doivent contenir ces lignes.

Du défilement des maçonneries.

129. Une condition à laquelle on doit attacher beaucoup d'importance, est que toutes les maçonneries des ouvrages de fortification soient couvertes des vues de l'ennemi à une distance de sept à huit

cents mètres au moins. Ce genre de défilement est loin de présenter les mêmes difficultés que le précédent, puisqu'on n'a, pour chaque face, qu'une ligne et non plus une surface à couvrir, et qu'on ne doit s'occuper que des vues à peu près directes.

Le tracé étant connu, on peut avoir à couvrir les maçonneries dans trois circonstances différentes :

1.° Si la hauteur de la maçonnerie est fixée, et que la crête seulement de l'ouvrage couvrant soit indéterminée ;

2.° Si la crête de la masse couvrante est donnée, et que la hauteur de la maçonnerie ne le soit pas ;

3.° Enfin, si la maçonnerie et la crête couvrante sont l'une et l'autre indéterminées.

130. Dans le premier cas, on fera passer par le sommet de la maçonnerie un plan tangent au terrain relevé, dans les limites convenables, et la crête de l'ouvrage ne devra pas être au-dessous de ce plan. Cette condition fera partie de celles dont nous avons parlé plus haut, qui servent à déterminer en partie la position des crêtes intérieures des ouvrages.

On remarquera cependant qu'il n'est pas toujours indispensable que toute la crête couvrante soit au-dessus du plan que nous venons d'indiquer ; si l'on joint en effet le point de tangence sur le terrain relevé, avec les deux extrémités du mur, ce sera seulement dans la partie comprise entre ces lignes de jonction qu'il sera nécessaire que la crête couvrante s'élève jusqu'au plan. A droite et à gauche de cette partie, il suffira que cette crête ne soit pas inférieure aux arêtes du cône tangent au terrain relevé, dont le sommet se trouve à l'extrémité de la ligne de maçonnerie qui

doit être couverte. Il n'est pas nécessaire non plus que ce soit une même crête qui couvre toute une face de maçonnerie, et quelquefois ce seront des masses isolées, comme des traverses; mais il faudra alors que ces masses se croisent de telle manière, qu'elles ne laissent entre elles aucun intervalle par lequel le revêtement puisse être battu.

On n'est pas dans l'usage de tracer sur le dessin les échelles de pente des plans suivant lesquels les maçonneries sont couvertes, afin de ne point surcharger le papier, et parce que la plupart du temps aussi les plans de défilement des ouvrages couvrans suffisent pour faire reconnaître immédiatement si les maçonneries sont en effet dérobées aux vues du dehors. Dans certains cas cependant, sur-tout lorsque quelques parties d'un mur restent encore découvertes, il est bon de marquer ces échelles, afin de faire connaître quelle hauteur de maçonnerie l'ennemi peut abattre.

131. Lorsque la crête qui doit couvrir est fixée, et que la hauteur de la maçonnerie ne l'est point, c'est par la crête qu'on fait passer un plan tangent au terrain relevé dans les limites convenables, et l'intersection de ce plan avec celui du revêtement donne le *maximum* d'élévation de la maçonnerie : ce cas peut conduire à faire des observations tout-à-fait analogues à celles qui précèdent.

132. Quand enfin la crête couvrante et la hauteur du mur sont à-la-fois indéterminées, la même condition doit toujours être satisfaite; seulement, on a plus de latitude pour combiner les hauteurs, de manière à satisfaire à-la-fois aux conditions d'un bon

Mais cette disposition du tracé ne suffit pas pour obtenir le flanquement; il faut encore que les reliefs soient convenables, pour que les coups tirés de la crête intérieure du flanc, suivant l'inclinaison de la prolongée, ou, lorsqu'il s'agit de l'artillerie, pour que les coups tirés d'une ligne qui ne saurait être abaissée de plus d'un mètre au-dessous de cette crête, puissent voir le point le plus rapproché de la branche à flanquer, ainsi que tout le reste du fossé. On remarquera que quand on considère un front bastionné, non-seulement les fossés des faces doivent être battus, mais encore celui de la courtine tout entier, en sorte qu'il faut que les coups partis des deux flancs selon la plongée viennent ficher en un même point du fossé de cette courtine, ou bien le rencontrent en deux points, de manière à comprendre entre eux un espace qui puisse être battu des deux côtés à-la-fois.

135. Lorsqu'on veut vérifier sur un dessin si la condition du flanquement est remplie, on prolonge le plan de la plongée de chaque flanc jusqu'à sa rencontre avec le fond du fossé de la courtine : si les plans se croisent avant de rencontrer le fond du fossé, la partie comprise entre eux, au-dessous de leur intersection, n'est point vue par la mousqueterie; mais on doit observer qu'il suffit, en général, que l'artillerie, tirant à un mètre plus bas que l'infanterie, puisse voir le fond du fossé, et que même, à la rigueur, on se contente qu'elle voie à $0^{m}.50$ au-dessus.

On vérifie de la même manière si une branche quelconque d'ouvrage avancé est flanquée. Le flanquement ne commence, pour cette branche, qu'à partir de la rencontre du plan de son fossé avec le

plan de la plongée de la face flanquante, ou avec ce plan abaissé d'un mètre; tout ce qui est compris entre cette intersection et la face flanquante, ne peut être battu par cette même face.

136. On voit d'après cela, que si le tracé des ouvrages est donné, ainsi que le relief des parties flanquantes, on en peut conclure la limite de l'abaissement du fossé; que si, au contraire, le fond du fossé est donné ainsi que le tracé, on en déduit le relief *maximum*; et que si, enfin, le relief et le fond du fossé sont connus, on en peut déduire la position de la crête flanquante.

Dans le premier cas, s'il s'agit d'un front bastionné, on cherche l'intersection des plans des plongées des deux flancs, et le fond du fossé ne peut passer qu'à 1^m ou $1^m.50$ au plus au-dessous de cette ligne. Quant à l'inclinaison de ce fossé, rien ne la détermine encore, et elle peut n'être pas la même de chaque côté de la droite qu'on vient de trouver: mais il faut cependant qu'elle soit moindre que celle de la plongée du flanc opposé; car, sans cela, le prolongement du plan du fossé passerait par-dessus la crête intérieure du flanc, et, par conséquent, ne pourrait pas en être vu. Figure 54.

S'il s'agit du flanquement d'une branche d'ouvrage, c'est l'intersection du plan de la plongée avec le plan vertical passant par l'extrémité la plus rapprochée de la branche, qui détermine la droite au-dessous de laquelle le fond du fossé ne peut être abaissé de plus de $1^m.50$. Figure 55.

On remarquera que, lorsqu'une face de bastion doit flanquer une face de demi-lune qui s'appuie

à la contrescarpe du corps de place, le fossé de cette demi-lune, étant beaucoup moins éloigné du point flanquant que le milieu de la courtine ne l'est d'un des flancs, doit être plus élevé que celui du corps de place. On fait alors, entre ces deux fossés, un ressaut formé par une caponnière en terre, ou, mieux encore, par un revêtement en maçonnerie, qui, lorsqu'il peut être assez élevé, a l'avantage de fermer le fossé du corps de place, et d'empêcher l'ennemi d'y pénétrer immédiatement, quand il est déjà descendu dans celui de la demi-lune.

137. Si le fond du fossé est donné, ce qui arrive lorsqu'on veut conserver des fossés secs dans un terrain peu élevé au-dessus du niveau de l'eau, et dans plusieurs autres cas, le relief des flancs d'un front peut se déterminer en prenant, au pied de la courtine, un point qu'on fait battre par les deux flancs à-la-fois. On abaisse de ce point, sur la direction de chaque flanc, une perpendiculaire qu'on regarde comme la projection d'une ligne inclinée au sixième, et le point où chacune de ces lignes rencontre le plan vertical passant par la crête du flanc, étant relevé de $1^{m}.50$, donne le relief *maximum* d'un des points des flancs.

Il est essentiel d'observer que le point qu'on a fait battre à-la-fois par les deux flancs, a été pris arbitrairement, de façon qu'en le faisant varier de position, on aurait des reliefs différens ; la hauteur du flanc vers lequel on s'avancerait diminuant tandis que celle de l'autre flanc augmenterait. On aura donc, en général, pour la détermination du *maximum* de relief, une latitude dont on profitera pour

remplir telle autre condition à laquelle les flancs devront satisfaire.

Lorsque c'est une branche d'ouvrage avancé que l'on considère, il n'y a plus d'indétermination sur le point à battre, qui doit se trouver, dans ce cas, à l'endroit le plus rapproché du fond du fossé; aussi le *maximum* qu'on obtient alors, en menant par le point à battre une ligne inclinée au sixième, est-il un *maximum* absolu.

138. Si le fond du fossé et le relief des flancs sont donnés, on prendra, comme dans le cas précédent, un point du fossé de la courtine qui doive être battu par les deux flancs; on menera, par ce point relevé de $1^{m}.50$, deux droites inclinées au sixième, et perpendiculaires aux directions présumées des flancs, et leurs intersections avec les plans de défilement de ces flancs donneront un point de chacune des crêtes intérieures, ou du moins un point de la limite de leur rapprochement. Si les plans de défilement n'étaient pas connus, mais qu'on eût seulement la hauteur des crêtes dans la direction des lignes au sixième que nous avons tracées, il faudrait chercher sur ces lignes les points qui seraient à cette hauteur, et ils appartiendraient aux crêtes, ou plutôt aux limites de leur rapprochement. On remarquera, comme dans le cas précédent, que ces limites ne sont pas absolues, mais qu'elles dépendent du choix qu'on a fait du point à battre. Ce point se trouve déterminé lorsqu'il existe une poterne au milieu de la courtine, parce qu'on fait ordinairement en sorte que les abords en soient battus par les deux flancs; mais dans d'autres cas,

ce point reste indéterminé, et le tracé peut varier avec sa position.

Nous n'avons pris, dans les deux derniers cas que nous venons d'examiner, qu'un seul point à battre sur le fond du fossé, mais, à la rigueur, il faudrait faire la même opération pour un second point, ce qui déterminerait une nouvelle limite pour la position de la crête ; nous en avons agi ainsi, parce qu'en général il suffit qu'un point bien choisi sur la crête voie le fond d'un fossé, pour que tous les autres points du flanc le voient également.

139. Nous avons supposé, dans ce qui précède, qu'une seule chose sur trois était inconnue; mais souvent, deux ou même trois de ces choses sont inconnues à-la-fois, ce qui rend le problème indéterminé, et laisse à l'auteur d'un projet le moyen de combiner le plus convenablement le tracé avec les reliefs. D'autres conditions que nous n'avons pas énoncées, viennent d'ailleurs compliquer la question et restreindre en même temps le nombre de solutions dont elle est susceptible. Une de ces conditions, qu'il n'est pas permis d'éluder, est d'avoir, pour les ouvrages revêtus, une certaine hauteur d'escarpe, fixée d'après l'importance de l'ouvrage, ce qui détermine le *minimum* d'élévation de la crête au-dessus du fond du fossé, car cette ligne ne doit pas en général s'élever de moins de deux mètres au-dessus du sommet de l'escarpe.

Cette condition gêne peu lorsqu'on est maître de disposer à volonté le tracé, le relief et l'inclinaison des fossés, et l'on peut alors résoudre le problème de bien des manières; mais lorsque la position des

flancs est donnée, on est souvent fort embarrassé pour remplir la condition relative à la hauteur d'escarpe. Si les flancs d'un front sont très-rapprochés l'un de l'autre, il peut arriver qu'il faille relever beaucoup le milieu du fossé, pour qu'il soit battu par les deux flancs à-la-fois ; dès-lors, le fond du fossé doit être brisé, et composé de deux pans. Par la même raison, le revêtement de la courtine devient aussi brisé, pour conserver la hauteur nécessaire ; et il en résulte quelquefois des inconvéniens, comme, par exemple, de ne pouvoir pas couvrir ce revêtement en entier des vues de la campagne. Quelquefois aussi, quand les flancs sont tellement rapprochés que la plongée de l'un d'eux ne peut même pas voir à $1^{m}.50$ au-dessus du pied du revêtement de l'autre, le plan qui aboutit à ce pied devient plus incliné que le sixième, et ne peut plus être battu. On cherche à remédier à ce défaut en inclinant la plongée au cinquième ; mais on gagne ainsi peu de chose, parce que l'artillerie ne tire que difficilement suivant cette inclinaison. Enfin, quand ce moyen est insuffisant, on est forcé de renoncer à voir tout le fossé, ou bien on est réduit à faire usage du flanquement par casemates, par galeries crénelées, par chemins de ronde, revers d'orillon, &c. Figure 56.

La même difficulté se présente pour une branche d'ouvrage avancé, lorsque le fossé qui la sépare de la face flanquante est trop étroit. Il faudrait quelquefois, pour pouvoir flanquer cette branche, relever tellement l'extrémité de son fossé, qu'il ne resterait plus que quelques mètres d'escarpe à l'ouvrage, ou que sa contrescarpe deviendrait nulle : on

se sert alors des expédiens que nous venons d'in-
Figure 55. diquer; ou, lorsque la chose est possible, on relève assez l'extrémité de l'escarpe pour qu'elle ait une hauteur suffisante.

140. Nous ne pouvons point établir d'une manière générale quelles sont les longueurs de courtine nécessaires pour que le flanquement d'un front soit possible, avec une hauteur d'escarpe donnée, parce que ces longueurs dépendent aussi de l'inclinaison du fossé, et qu'alors les combinaisons vont à l'infini; mais nous pouvons indiquer, pour servir de guide dans bien des cas, les longueurs nécessaires, en supposant le fond du fossé horizontal.

Pour un revêtement d'escarpe de 5^m, ce qui suppose au moins 7^m de relief pour les crêtes des flancs, la longueur de la courtine, entre les crêtes des flancs, ne peut être plus petite que..... $2 \times 6 \times (7^m - 1.50) = 66^m$;
pour 6^m de revêtement et 8^m de relief, elle ne peut être plus petite que $12(8^m - 1.50) = 78$;
pour 7^m de revêtement et 9 de relief..... 90;
pour 8^m de revêtement et 10 de relief..... 102;
pour 9^m de revêtement et 11 de relief..... 114;
pour 10^m de revêtement et 12 de relief..... 126;
et ainsi de suite, en ajoutant toujours 12 mètres à la longueur de la courtine, pour une augmentation d'un mètre dans la hauteur du relief. La moitié de toutes ces longueurs indique la distance à laquelle chaque flanc commence à voir à $1^m.50$ au-dessus du fond du fossé supposé horizontal. On ne doit pas oublier que les nombres que nous donnons

ici ne sont que des limites *minima* qu'il faut dépasser s'il est possible, parce que le flanquement sera d'autant meilleur qu'on s'en écartera davantage.

141. A la condition d'avoir une certaine hauteur de revêtement, vient se joindre encore celle de couvrir ce revêtement des vues de la campagne, au moyen des crêtes des ouvrages avancés, ce qui donne une nouvelle limite pour la hauteur de la magistrale, et, par suite, pour celle du fond du fossé, lorsque la hauteur des crêtes des ouvrages avancés est déterminée; dans le cas contraire, c'est la position du fond du fossé et celle de la magistrale qui donnent la hauteur *minimum* pour le relief des ouvrages couvrans.

142. Les conditions que nous venons d'examiner, et les opérations qui en dérivent, établissent des relations entre la hauteur des parties flanquantes et l'abaissement du fond des fossés aux points où le flanquement commence, et l'on en conclut facilement la position des plans dont se composent ces fossés, d'après la position des magistrales des ouvrages. Nous allons maintenant nous occuper de quelques autres conditions qui servent à lier entre elles les positions des crêtes intérieures et des contrescarpes ou des magistrales des ouvrages.

Lorsqu'une pièce de fortification est recouverte par une autre, deux conditions doivent d'abord être satisfaites, savoir : que l'ouvrage en arrière soit défilé de celui qui est en avant, et que celui-ci couvre les maçonneries de l'autre. Nous avons vu qu'on pouvait en déduire les limites inférieures et supérieures du relief de l'ouvrage avancé, lorsque l'ouvrage en arrière est connu; ou bien, le *maximum*

de hauteur d'escarpe et le *minimum* de hauteur de la crête de l'ouvrage en arrière, lorsque c'est l'ouvrage avancé qui est lui-même donné.

D'autres conditions resserrent quelquefois ces limites ; ainsi, par exemple, il est nécessaire que le prolongement de la plongée de l'ouvrage en arrière passe à 1^m ou $1^m.50$ au plus au-dessus du bord de la contrescarpe ou de la gorge de l'ouvrage avancé. Si donc, l'ouvrage en arrière est donné, on imaginera un plan parallèle à sa plongée et de $1^m.50$ au-dessous : la contrescarpe ne devra pas être inférieure à ce plan, en sorte que si elle est tracée, la limite *minimum* de sa hauteur sera l'intersection de ce plan avec le plan vertical passant par sa projection. Si le tracé de la contrescarpe n'est pas donné, mais qu'on connaisse le plan du terre-plein sur lequel elle doit se trouver, la limite de son rapprochement de l'ouvrage en arrière sera à l'intersection du terre-plein donné et du plan parallèle à la plongée.

Si, au contraire, la hauteur de la contrescarpe était connue, et que le relief ou le tracé de l'ouvrage en arrière ne le fût pas, on ferait passer par le bord de la contrescarpe, relevé de $1^m.50$, un plan incliné au sixième dans la direction du profil perpendiculaire à la face en arrière, et l'intersection de ce plan avec le plan vertical passant par la projection de la crête intérieure, donnerait le *maximum* de hauteur de cette crête ; ou si la projection de la crête n'était pas donnée, mais qu'on connût le plan de défilement sur lequel elle doit se trouver, l'intersection de ce plan avec le plan au sixième donne-

rait une limite en avant de laquelle cette crête ne devrait pas être tracée.

143. Lorsque l'ouvrage avancé est un chemin couvert, son glacis doit être battu par l'ouvrage en arrière, ce qui donne encore, si la pente du glacis est arrêtée, une limite *minimum* pour la hauteur de la crête intérieure de cet ouvrage, ou une limite *maximum* pour la distance de cette crête au glacis.

Dans quelques circonstances, on s'impose aussi la condition de faire en sorte que le canon de l'ennemi, établi sur un glacis ou sur le bord d'une contrescarpe, ne puisse pas voir la maçonnerie d'une branche d'ouvrage ou d'un flanc par-dessus une certaine ligne couvrante, ou du moins qu'il ne puisse pas en découvrir assez pour faire brèche ; il en résulte alors une relation entre la hauteur du point où l'on suppose l'ennemi établi, celle de la ligne couvrante et le *maximum* d'élévation de la magistrale.

144. De toutes les conditions que nous venons d'énoncer, et de quelques autres encore que les circonstances particulières relatives à un projet peuvent faire naître, se déduisent les premières données d'où l'on part pour établir le défilement des ouvrages. On voit toutefois que chacune des opérations que nous avons indiquées, ne donne qu'une limite, et qu'il peut arriver qu'on se soit imposé de nombreuses conditions, sans que pour cela une seule ligne de la fortification soit entièrement déterminée ; mais il peut arriver aussi que deux conditions seulement ne puissent pas même être remplies simultanément, parce que l'une donnerait une limite *maximum*, par exemple, qui serait au-dessous de la limite *minimum*

donnée par l'autre. Quelquefois enfin, un nombre limité de conditions suffit pour fixer la position d'une crête, d'une magistrale ou d'un sommet de contrescarpe. Dans le premier cas, on choisit entre les limites les plus resserrées, la position de la ligne qui paraît la plus avantageuse; dans le second, on abandonne celle des conditions contradictoires qui est, ou la moins importante, ou la plus difficile à remplir; dans le troisième cas, on s'en tient à la ligne trouvée.

145. Il est souvent difficile de combiner ensemble toutes les conditions qu'on s'est imposées, de manière à reconnaître immédiatement les divers *maxima* ou *minima* qui en résultent pour la position d'une ligne ou d'un point déterminé de la fortification; il faut alors avoir recours aux courbes de tâtonnement dont nous avons dit quelques mots dans la première partie; nous allons donner un exemple de la manière dont on peut les employer ici.

Supposons qu'on veuille trouver la crête d'un flanc de bastion, en se donnant pour cela le tracé de la magistrale, ainsi qu'un plan auquel doit être parallèle le plan de défilement, et en s'imposant pour conditions, 1.° que la maçonnerie de ce flanc soit couverte, par un flanc de tenaille, des établissemens de l'ennemi sur le glacis du bastion opposé; 2.° que cette tenaille ne gêne en aucune façon les feux du flanc du bastion; 3.° que le revêtement ait une hauteur suffisante, et que le fond du fossé soit horizontal et battu du flanc à son milieu; la seule ligne connue étant la crête du glacis sur lequel on suppose que l'ennemi peut s'établir.

Au lieu de considérer à-la-fois tous les points de la crête cherchée, on se contentera de tracer une droite perpendiculaire à cette crête, qui aboutisse à l'établissement de l'ennemi, et l'on ne s'occupera que du point de la crête qui se trouve sur cette direction.

On prendra sur la direction dont on vient de parler, une première hauteur arbitraire pour la magistrale; on en conclura le *minimum* de hauteur de la tenaille ; le fond du fossé se déduira aussi de la connaissance de la magistrale, et l'on aura, au milieu de la courtine, un point du fossé qui, relevé de $1^{m}.50$, devra se trouver dans le plan de la plongée. En supposant ce plan incliné au sixième dans la direction qu'on s'est donnée, il en résultera une ligne sur laquelle se trouvera le point de la crête intérieure; on achevera de déterminer ce point, en observant que le parapet doit avoir six mètres d'épaisseur, et que l'extrémité de la plongée aboutit à un plan à 45 degrés partant du sommet du revêtement : la hauteur de relief ainsi obtenue sera un *maximum*. On recommencera la même opération, en se donnant successivement diverses hauteurs de magistrale, et il en résultera, pour la crête intérieure, une suite de points qui formeront une courbe de *maximum*. Mais jusqu'à présent nous avons négligé la condition que les feux de flanquement ne soient pas gênés par la tenaille: voyons donc ce qui résulte de cette nouvelle obligation. Après une première fixation de la hauteur *minimum* pour la crête du flanc de la tenaille, supposons que l'on cherche l'intersection de cette tenaille avec le plan vertical

passant par la direction donnée, et que, par le point le plus gênant de cette intersection, on mène vers le flanc une droite inclinée au sixième. La crête du flanc ne pourra se trouver au-dessous de cette droite : donc, si l'on achève la détermination du parapet, on obtiendra un point qui donnera une hauteur *minimum* correspondante au *maximum* trouvé par l'opération ci-dessus. En continuant de la même manière, on construira une nouvelle courbe qui contiendra les *minima* de hauteur du point de la crête intérieure, et ce point ne se trouvera directement déterminé par la double opération qu'on vient de faire, que dans le cas où, pour une même supposition de hauteur de la magistrale, le *maximum* et le *minimum* se confondraient, ce qui ne pourra avoir lieu que lorsque les courbes se rencontreront.

Si les deux courbes ne se rencontrent pas, et que chaque point de la courbe des *maxima* soit au-dessus du point correspondant de la courbe des *minima*, on en conclut que le problème est indéterminé, et l'on choisit entre ces courbes le point qui donne le relief et la profondeur de fossé les plus convenables pour l'équilibre des déblais et des remblais, ou qui satisfasse à quelque autre condition. Si les courbes ne se coupant pas, celle du *maximum* était inférieure à celle du *minimum*, le problème serait insoluble, parce que les conditions imposées ne pourraient point être remplies simultanément. Si enfin les courbes se coupaient, celle des *maxima* serait supérieure dans une partie, et inférieure dans une autre, à la courbe des *minima*, en sorte que tous les points situés dans l'angle des deux courbes, du côté

où la courbe des *maxima* est supérieure, satisferaient à la question. On prendrait donc un point arbitrairement dans cet espace, ou bien on aurait égard, pour le déterminer, à d'autres conditions que celles qu'on s'est d'abord imposées.

Lorsque l'on connaîtra ainsi un point dans une direction donnée, on pourra souvent s'abstenir d'en chercher un second de la même manière, parce que le défilement achevera de déterminer la face entière. On observera seulement que si le plan de défilement est tel que tous les points de la crête doivent être plus élevés que celui qui se trouve sur la direction donnée, il ne faudra pas choisir ce dernier point de manière qu'il soit déjà au *maximum* de hauteur, parce que les autres seraient évidemment trop élevés. Il ne faudra pas non plus prendre un point *minimum*, si le plan de défilement doit abaisser le reste de la crête; et s'il doit en relever une partie et abaisser l'autre, il faudra prendre un point intermédiaire entre le *maximum* et le *minimum*. On devra, dans tous les cas, après que la crête sera trouvée, vérifier si toutes les conditions qu'on s'est imposées sont remplies.

Il serait possible d'exécuter les opérations que nous venons d'indiquer, en faisant usage de la seule projection horizontale sur le plan du dessin; il faudrait seulement avoir le soin de projeter les deux courbes sur deux directions parallèles peu éloignées l'une de l'autre, et non sur une seule, ce qui ferait trop de confusion. Mais on doit convenir que, pour le cas dont il s'agit, on aura plus d'avantage à faire usage en même temps de la projection verticale,

parce que toutes les lignes que l'on considère sont situées dans un même plan vertical passant par la direction donnée.

146. Toutes les crêtes d'un ouvrage devant être assujetties à des conditions à peu près semblables, on conçoit que la solution qu'on adopte pour une face, ne peut pas être tout-à-fait indépendante de celle qui convient à la face voisine ; de là, dans certains cas, de nouvelles données qui compliquent encore la question. Nous ne nous y arrêterons pas cependant, parce qu'elles conduisent à un tâtonnement qui varie suivant les circonstances, et qui a lieu sur-tout pour le choix du plan de défilement. Nous ne pousserons donc pas plus loin l'examen des questions qui ont rapport aux conditions de relief dépendantes de la défense immédiate des ouvrages, et nous allons nous occuper de quelques autres objets qui concernent plus particulièrement le tracé et le détail des parties accessoires de la fortification.

147. Parmi les avantages qu'on cherche à obtenir des ouvrages extérieurs, un des plus importans est de couvrir tellement les maçonneries des ouvrages en arrière, que l'ennemi ne puisse les battre avant d'être établi sur le terre-plein de quelqu'une de ces pièces couvrantes : on atteint ce but, soit par un ouvrage continu qui enveloppe de toutes parts les maçonneries qu'on veut couvrir, soit par des ouvrages détachés. La première manière ne peut nous donner lieu de faire ici aucune observation ; il faut seulement, comme nous l'avons dit plus haut, que le relief de l'ouvrage enveloppant soit

assez élevé pour que les maçonneries ne puissent être vues par-dessus. Mais cette condition ne suffit plus, lorsqu'on a des ouvrages couvrans détachés; il faut alors que l'ennemi ne puisse voir aucune partie du mur par les intervalles qui les séparent. Supposons donc qu'on ait deux ouvrages couvrans, dont les profils extrêmes soient séparés par un certain intervalle : si l'on joint les deux points couvrans de ces profils par une droite, le coup qui viendrait dans la direction de cette droite serait intercepté, et il en serait de même de tous ceux qu'on pourrait diriger dans l'angle compris entre cette droite et la face couvrante la plus éloignée de l'ouvrage; mais tous les coups qui viendraient de l'autre côté de la droite de jonction, entre elle et la face du second ouvrage, pénétreraient par l'intervalle, en sorte que, pour que la muraille fût couverte, il faudrait qu'elle se terminât précisément à l'alignement des points couvrans des deux profils, et qu'elle ne s'étendît que dans le sens de la face couvrante la plus rapprochée. Lors donc qu'on devra couvrir une muraille, ou tout autre objet, au moyen de deux ouvrages seulement, il faudra disposer le tracé de manière que cette condition soit satisfaite. Figure 57.

Dans le plus grand nombre de cas, cependant, on n'est pas maître de disposer le tracé comme il vient d'être dit, et souvent le revêtement qu'il s'agit de couvrir s'étend des deux côtés de la droite qui joint les points couvrans des profils des ouvrages avancés; il faut alors un troisième ouvrage, ou une troisième masse quelconque, pour achever d'intercepter les coups de l'ennemi; les trois points couvrans ex- Figure 58.

trêmes doivent se trouver sur un même alignement, et deux des masses couvrantes étant situées d'un côté de la droite qui joint les points couvrans de leurs profils, la troisième doit aboutir entre elles, et se diriger de l'autre côté de la même droite.

Ces conditions peuvent servir à déterminer, suivant les circonstances, la position des points extrêmes des ouvrages couvrans, ainsi que le *minimum* de leur relief. On remarquera, quant au relief, que souvent, sur le profil, ce n'est pas la crête intérieure elle-même qui couvre, mais le point extrême de la magistrale ou tout autre point; cela dépend de la hauteur de l'objet à couvrir et du relief qu'on peut donner aux ouvrages couvrans. Les problèmes qui se présentent lorsqu'il s'agit de déterminer convenablement des points couvrans, peuvent varier à l'infini, et quoique ce soient souvent de simples questions de géométrie plane, nous en donnerons une idée en résolvant le suivant.

Figure 58. 148. *Soit donné un front bastionné avec sa demi-lune et toutes ses contrescarpes : on demande de construire une branche de contre-garde sur un des bastions et une autre sur la demi-lune, pour couvrir la maçonnerie du front des vues de l'ennemi établi sur la crête du chemin couvert, entre les deux contre-gardes. On supposera que l'on connaisse la largeur et la direction du fossé de la contre-garde du bastion, et la largeur de la contre-garde de la demi-lune, mesurée à l'extrémité de sa branche, entre l'escarpe et la contrescarpe; on admettra enfin que les points couvrans des profils des contre-gardes et de la demi-lune soient situés à un*

mètre au-dessus des magistrales. Il s'agira de trouver alors la position des extrémités des magistrales des deux contre-gardes.

Nous commencerons par simplifier les données du problème, en faisant observer que, quelle que soit la position des contre-gardes, le point couvrant du profil de chaque ouvrage se projette toujours à la même distance du point extrême de la magistrale: on mesurera donc, avant tout, cette distance sur chacun des trois profils, et l'on en conclura 1.° la position du point couvrant de la gorge de la demi-lune, 2.° la largeur comprise entre le point couvrant de la contre-garde de la demi-lune et le bord de la contrescarpe sur le profil, 3.° la distance de cette même contrescarpe au point couvrant du profil de la contre-garde du bastion. La question ne sera plus alors qu'un simple problème de géométrie linéaire : il s'agira de mener par un point m une ligne mn telle que si, à partir du point c, où elle rencontre une certaine droite, on porte sur cette droite une longueur cb connue, et que par le point b on trace une ligne bn parallèle à une direction donnée, la longueur de cette parallèle comprise entre la droite cb et la direction mn soit égale à une longueur donnée. Figure 59.

Pour résoudre ce problème, on prendra sur une partie quelconque de la ligne donnée une longueur $b'c'$ égale à bc; par le point b' on menera $b'n'$ parallèle et égale, à bn ; on joindra le point n' au point c', et, menant par le point m une parallèle à $c'n'$, on aura la ligne cherchée. Cette ligne, dans la question de fortification que nous nous sommes

posée plus haut, fera connaître les deux points couvrans des profils des contre-gardes, et l'on en déduira immédiatement la position des points extrêmes des magistrales.

149. On pourrait faire varier les conditions, et se donner, par exemple, les largeurs des deux contre-gardes, en laissant indéterminée la largeur du fossé qui les sépare, ou bien admettre que les deux contre-gardes doivent avoir la même largeur, ou remplaçer la connaissance de la direction du fossé par une autre donnée, &c. Chacune de ces manières de poser la question donne lieu à un problème de géométrie dont la solution est ou n'est pas déterminée, suivant que les conditions sont suffisantes ou non; mais ces problèmes ne sont pas tous de nature à être directement résolus comme celui que nous venons de présenter, et il faut souvent avoir recours aux courbes de tâtonnement pour en trouver la solution. Si l'on veut, par exemple, en conservant les conditions précédentes, ne plus se donner la largeur de la contre-
Figure 60. garde de la demi-lune, et poser que les deux contre-gardes doivent avoir la même largeur aux extrémités, on menera d'abord, par le point couvrant du profil de la demi-lune, une droite quelconque *mn*, qu'on supposera devoir passer par les points couvrans des contre-gardes; on en conclura la position de la magistrale de la contre-garde du bastion, par suite celle du profil de la contre-garde de la demi-lune, et enfin le point appartenant sur ce profil à la gorge de cette contre-garde. Le problème serait résolu si le point qu'on vient de déterminer ainsi

tombait sur la contrescarpe de la demi-lune; mais comme cela n'aura pas généralement lieu, on tirera une nouvelle direction mn', qui donnera la position d'un nouveau point appartenant à la gorge de la contre-garde de la demi-lune. En continuant d'opérer ainsi, et en réunissant par une courbe tous les points qui résultent de ces opérations, l'intersection de cette courbe avec la contrescarpe de la demi-lune donnera la position du profil de la contre-garde de la demi-lune, et l'on en déduira tout le reste.

On résoudra de la même manière les questions analogues qui pourront se présenter.

150. Ce que nous venons de dire en prenant les contre-gardes pour exemple, doit s'entendre d'ouvrages ou de masses quelconques destinés à couvrir d'autres ouvrages. On doit observer aussi qu'outre les maçonneries, on se propose souvent encore de couvrir des portions de terre-pleins, des poternes, des ponts-levis, des communications quelconques, pour les dérober aux vues de l'ennemi aussi longtemps qu'il est nécessaire pour la défense des ouvrages auxquels ils appartiennent. Ainsi la gorge des places d'armes rentrantes du chemin couvert doit être couverte des vues de l'ennemi établi sur les places d'armes saillantes; le terre-plein à la gorge de la demi-lune doit également être dérobé aux vues du dehors; la poterne du corps de place doit être couverte des établissemens de l'ennemi sur tous les ouvrages extérieurs, autres que la tenaille; la communication à la demi-lune ne doit pas être vue

des établissemens de l'ennemi sur les contrescarpes des bastions, &c.

151. Pour qu'une gorge d'ouvrage soit soustraite aux vues de l'ennemi, il suffit que la première condition du n.° 147 soit remplie; c'est-à-dire qu'entre le profil du parapet qui s'appuie à la gorge et l'emplacement où l'ennemi peut faire son logement, il faut une masse couvrante dirigée en sens opposé du parapet, et telle que si l'on joint son point couvrant extrême avec celui du profil, la droite de jonction laisse entièrement la gorge de l'ouvrage du même côté que le parapet.

Figure 61.

152. Les portes et les communications établies dans les fossés, étant en général beaucoup plus basses que tout le reste de la fortification, peuvent être couvertes par l'angle d'un mur d'escarpe ou de contrescarpe, par une traverse placée dans le fossé, par une caponnière, &c.; il faut dans tous les cas que la position des points couvrans extrêmes satisfasse aux conditions que nous avons exprimées ci-dessus. Quant aux hauteurs des objets couvrans, elles doivent être telles, que le plan ou le cône passant par le sommet de ces objets et par le point le plus difficile à couvrir laisse au-dessous de lui tout l'espace où l'ennemi peut s'établir. On voit qu'il n'y a rien là qui ne rentre dans ce que nous avons dit plus haut; il faut seulement beaucoup d'attention pour éviter qu'aucune partie de la communication ne soit découverte, et lorsqu'on peut avoir des doutes à cet égard, on cherche la limite de la partie couverte, en prenant l'intersection du

cône passant par la crête de l'objet couvrant et par le point le plus dangereux des établissemens de l'ennemi, avec la surface à couvrir relevée de la quantité dont on veut que les coups passent au-dessus d'elle; ou réciproquement, en prenant l'intersection du cône déterminé par le sommet de l'objet couvrant et le point le plus difficile à couvrir, avec toute la surface sur laquelle l'ennemi peut faire des établissemens dangereux. Il faut avoir soin de vérifier en même temps si les lignes couvrantes sont assez prolongées pour ne donner accès à aucun coup de l'ennemi.

153. Les escaliers et les rampes adossés aux contrescarpes sont quelquefois assez difficiles à couvrir, et les conditions que l'on doit remplir pour cela, déterminent ordinairement leurs directions ou leurs points d'arrivée. Il se rencontre souvent que le sommet d'un escalier est couvert par un masque, et son pied par un autre; on doit alors vérifier si le milieu est lui-même couvert, et, dans le cas où il ne le serait pas, il faut user de quelque expédient pour remédier à ce défaut. Il arrivera parfois, lorsque les coups seront très-obliques, que le bord même de l'escalier ou de la rampe pourra servir de ligne couvrante pour une partie plus éloignée, en sorte qu'on ne serait vu qu'en approchant de ce bord. On peut, dans ce cas, se contenter d'élargir la communication, ou la border d'un petit mur d'appui qui serve à relever avec avantage la ligne couvrante, et qui empêche en outre de trop approcher du point sur lequel on serait vu. Figure 62.

La combinaison des positions des masses cou-

vrantes, des communications à couvrir et des points dangereux, peut donner lieu d'ailleurs à des problèmes variés que l'on résoudra, soit au moyen de la géométrie élémentaire, soit avec le secours des courbes de tâtonnement.

154. Il ne nous reste plus qu'un objet à examiner avant de terminer cette section; nous l'avons énoncé plus haut : c'est la relation qui doit exister entre la position des lignes de feu et la surface du terrain extérieur, pour que cette dernière soit battue. On peut avoir à cet égard trois questions différentes à résoudre: 1.° la crête d'un ouvrage étant donnée, trouver la limite du terrain qui est vu par la mousqueterie ou l'artillerie de cet ouvrage; 2.° le tracé seulement d'une face d'ouvrage étant connu, déterminer quel doit être le relief de cette face pour que sa crête intérieure voie certaines parties données du terrain; 3.° enfin, disposer le tracé et le relief d'un ouvrage de la manière la plus avantageuse pour battre les pentes d'un terrain donné.

155. On remarquera, relativement à la première question, que le terrain susceptible d'être battu a deux limites, l'une rapprochée et l'autre éloignée. La limite rapprochée est donnée par l'intersection du plan de plongée, et, en général, du plan suivant lequel on peut tirer les coups les plus inclinés, avec le terrain relevé de 1^{p} ou $1^{m}.50$ au plus. Lorsque la fortification est bien établie, cette intersection doit avoir lieu, comme nous l'avons dit plus haut, sur le bord des contrescarpes, ou sur le fond des fossés, à l'extrémité des branches d'ouvrages qui doivent être flanquées.

Quant à la limite éloignée, elle peut être de deux natures différentes : si le terrain est plan, ou que du moins les inflexions de sa surface ne donnent nulle part de couverts à l'ennemi, cette limite sera celle de la portée des armes. Ce cas, qui est le plus avantageux pour la défense, ne se rencontre que rarement. Le plus souvent, la surface du sol présente, par la variété de ses formes, des pentes qui, prolongées indéfiniment dans tous les sens, passent au-dessus des lignes de feu de la fortification, ou les coupent trop obliquement pour pouvoir en être battues. Il existe alors, en-deçà de ces pentes, une limite au-delà de laquelle les ouvrages ne voient pas le terrain ; plus loin, ils peuvent recommencer à le battre, cesser plus loin encore, et ainsi de suite jusqu'à la limite de la portée des armes. Il est intéressant de connaître ces limites du terrain battu, soit pour chercher à voir, par quelque ouvrage détaché, les parties qui ne sont pas directement vues, soit pour occuper ces parties mêmes par de nouveaux ouvrages, soit enfin pour déblayer les parties couvrantes lorsqu'elles ne sont pas trop élevées, et faire en sorte de découvrir tout le terrain.

D'après ce qui vient d'être dit, on conçoit qu'on aura la limite du terrain battu, en cherchant, sur une surface parallèle à celle du sol et à 1^{m} ou $1^{m}.50$ au-dessus, la suite des points tels que si, en chacun d'eux, on imagine un plan tangent supérieur au terrain, ce plan vienne rencontrer la ligne de feu de l'ouvrage qui doit battre. Or, on remarquera que si cette dernière ligne se réduisait à un point, il faudrait que

tous les plans tangens passassent par ce point, c'est-à-dire, qu'ils formassent par leur réunion un cône tangent au terrain relevé, dont le sommet fût le point unique de l'ouvrage; mais si, au lieu d'un point unique, on a une suite de points formant une ligne droite ou courbe, la limite du terrain battu sera la ligne qui enveloppera les bases de tous les cônes tangens et supérieurs à la surface relevée, qui ont leurs sommets sur la crête d'où partent les coups.

Il faudra donc, sur la crête de l'ouvrage donné, prendre une suite de points peu distans les uns des autres; par chacun d'eux, concevoir un cône tangent à la surface relevée du terrain et qui laisse cette surface au-dessous de lui; tracer les lignes de tangence de ces cônes sur une petite partie seulement de leur étendue; et la courbe qui les enveloppera toutes, sera la limite cherchée. Nous avons donné, dans la première partie, n.° 89, le moyen d'effectuer les opérations que nous venons d'indiquer. La courbe ainsi trouvée ne devra être prolongée latéralement à droite et à gauche de la face d'ouvrage que l'on considère, que jusqu'aux intersections de droites partant des extrémités de cette face et tracées dans les directions qui servent de limites à l'obliquité du tir.

Si l'on prolonge les génératrices des cônes tangens au-delà de la courbe limite, jusqu'à ce qu'elles rencontrent de nouveau le terrain relevé, on aura une seconde ligne enveloppe qui servira de limite au terrain couvert, et au-delà de laquelle, par conséquent, si elle ne dépasse pas la distance de la portée des armes, le terrain sera battu de nouveau. Plus

loin, il pourra se trouver, comme nous l'avons dit, une seconde ondulation à laquelle on menera encore des cônes tangens, qui donneront la limite d'un nouvel espace couvert, &c. Ces opérations peuvent être longues, si l'on veut sur-tout les faire avec quelque rigueur ; mais elles ne présentent aucune difficulté.

Lorsqu'on voudra seulement reconnaître si une pente donnée sur le terrain est vue d'un ouvrage, on concevra sur cette pente un plan tangent, et l'on vérifiera s'il rencontre le terrain entre le point de tangence et la face destinée à battre la pente donnée. Supposons d'abord qu'il laisse ce terrain entièrement au-dessous de lui : on prolongera le plan tangent jusqu'au plan vertical passant par la crête de l'ouvrage; on prendra son intersection avec ce plan vertical, et l'on relevera cette intersection d'un mètre. Si cette ligne ainsi relevée se trouve au-dessous de la crête intérieure, cette dernière tout entière peut battre la pente avec la mousqueterie et l'artillerie. Si, au contraire, elle se trouve au-dessus, aucun des points de l'ouvrage ne peut battre la pente avec l'artillerie tirant à un mètre au-dessous de la crête; mais la mousqueterie la bat encore si la crête est plus haute que l'intersection non relevée. Enfin, une partie seulement de l'ouvrage peut voir la pente, lorsque la crête et l'intersection relevée se coupent

Dans le cas où le plan tangent en un point de la pente donnée couperait le terrain compris entre l'ouvrage et cette pente, on ferait passer un nouveau plan par le point de tangence et la crête donnée abaissée d'un mètre. Si ce plan était inférieur au pre-

nier sur toute la longueur de la face, la pente ne pourrait être battue, et s'il était supérieur dans une partie et inférieur dans une autre, cette dernière partie ne pourrait voir la pente; mais la portion de la face qui appartiendrait au plan supérieur, ou même la face entière, si le second plan passait tout-à-fait au-dessus du premier, pourrait, dans certains cas, battre la pente donnée, comme nous allons le montrer. Supposons que le plan passant par la crête abaissée d'un mètre ne rencontre pas le terrain jusqu'à la pente donnée : cette pente est vue par l'infanterie et l'artillerie dans la supposition que nous avons faite ci-dessus; s'il le rencontre en quelque endroit, on menera par le point de tangence du premier plan, deux tangentes à la courbe d'intersection, comprenant entre elles tout le terrain coupé. Dès-lors, si la face d'ouvrage se trouve entièrement dans l'intérieur de l'angle formé par ces tangentes, les coups seront interceptés, et la pente ne pourra être battue; mais lorsqu'une partie de la face sera en dehors de cet angle, cette partie verra le terrain donné, pourvu qu'elle soit supérieure au plan tangent mené d'abord.

156. Passons maintenant à la seconde question, la détermination du relief d'une face d'ouvrage, pour qu'une suite de pentes données soit battue.

Supposons le terrain qui doit être battu, limité par une courbe donnée, dont tous les points soient moins faciles à voir que ceux qui sont situés entre eux et la face d'ouvrage dont on a le tracé : on concevra par chacun des points de cette courbe, un plan tangent à la surface relevée du sol; la suite de

ces plans déterminera une surface développable, et la crête intérieure dont tous les points battront le terrain donné, devra s'élever au-dessus des plans qui composeront cette surface développable. Pour trouver une ligne de feu qui satisfasse à cette condition, on cherchera sur chacune des deux verticales passant par les extrémités de la projection de la crête, quel est le point le plus élevé des intersections de cette verticale avec tous les plans tangens à la surface développable; la droite qui joindra les deux points ainsi trouvés, sera évidemment la ligne cherchée.

L'opération que nous venons d'indiquer, s'exécutera de la manière suivante : on prendra l'intersection de la surface développable tangente au terrain, avec un plan horizontal quelconque, ou, pour mieux dire, on tracera les droites d'intersection de ce plan horizontal avec une suite de plans tangens à la surface relevée du terrain. On considérera d'abord une de ces droites, en même temps que l'horizontale du point de tangence appartenant au même plan, et l'on portera entre ces deux horizontales une droite égale à un certain nombre de millimètres pris arbitrairement pour *unité*, multiplié par la différence des cotes du plan horizontal et du point de tangence. Enfin, par les projections des extrémités de la crête, on menera deux parallèles à cette droite, et les rapports à l'unité arbitraire, des longueurs de ces parallèles mesurées entre leurs points de départ et la droite qu'on aura considérée sur le plan horizontal, donneront la différence des cotes du plan horizontal et des points de ren- Figure 63.

contre des verticales passant par les extrémités de la crête, avec un premier plan tangent au terrain. Cette différence de cote devra être retranchée de la cote du plan horizontal, ou bien être ajoutée au contraire, suivant que la projection du point auquel elle appartiendra, se trouvera en dehors de l'espace compris entre les deux horizontales ou sera en dedans de cet espace. Mais on observera que, pour ce qui nous occupe ici, il est inutile de calculer ces différences de cotes, et qu'il suffit d'avoir les longueurs qui les représentent. Après avoir obtenu le résultat que nous venons d'énoncer, on prendra une nouvelle droite d'intersection sur le plan horizontal et l'on agira sur elle, comme on a fait sur la première; on continuera de même, en considérant successivement toutes les droites d'intersection tracées sur le plan horizontal, et l'on aura pour chaque extrémité de la crête autant de longueurs proportionnelles aux distances du plan horizontal aux intersections de la verticale passant par cette extrémité avec tous les plans tangens. On comparera ces longueurs entre elles, et la plus grande de celles qui devront être retranchées, ou la plus petite de celles qui devront être ajoutées (s'il ne s'en trouve aucune qui doive être retranchée), fera connaître la cote du point d'intersection le plus élevé.

157. La crête intérieure étant trouvée au moyen de l'opération qui vient d'être expliquée, on pourra la relever, en satisfaisant toujours à la condition donnée, jusqu'à ce que quelqu'un des plans passant par cette ligne et par les points de la limite du terrain à battre devienne plus incliné que la plongée.

Mais il arrivera souvent que la ligne qu'on aura déterminée, sera trop élevée, et ne pourra pas être prise pour la crête intérieure de l'ouvrage. On devra remarquer alors qu'il n'est pas indispensable, pour que le terrain soit complétement battu, que chacun de ses points soit vu de tous les points de la crête, et qu'il suffit, à la rigueur, qu'un point déterminé de la limite du terrain, soit vu d'une partie seulement de la crête; on pourra, d'après cette considération, tenir la crête beaucoup au-dessous de la position que nous lui avons d'abord assignée, et l'on déterminera comme il suit la droite au-dessous de laquelle elle ne saurait être située.

On prendra les intersections de chacune des verticales passant par les extrémités de la face, non plus avec tous les plans tangens, mais seulement avec ceux de ces plans qui les coupent en un point moins élevé que celui où ils rencontrent la seconde verticale; les plus élevés de ces points d'intersection donneront toujours les extrémités de la crête. On observera que le plan tangent au terrain, dont l'horizontale est parallèle à la projection de la crête, sépare les plans dont on devra prendre l'intersection avec une des verticales, de ceux dont on devra prendre l'intersection avec l'autre.

Dans certains cas enfin, on ne pourra pas tenir la crête assez élevée pour que tous ses points découvrent quelque partie du terrain jusqu'à la limite: il faudra du moins, alors, lui donner le *maximum* de la hauteur à laquelle on peut l'élever, pour découvrir le plus loin possible; on tâchera même de tenir une de ses extrémités assez haute, pour que tout le terrain

puisse en être battu, en laissant beaucoup plus basse l'autre extrémité, d'où l'on ne saurait rien voir. On peut en agir ainsi, lorsque la pente est très-roide, et que les plans tangens coupent les deux verticales à des hauteurs fort différentes l'une de l'autre.

158. Lorsqu'on veut déterminer le relief d'un ouvrage de manière qu'une partie designée du terrain soit battue, on ne se donne pas toujours directement la limite jusqu'à laquelle on doit voir; mais il n'est pas difficile de trouver cette limite de manière que les pentes soient battues le plus loin possible. Il suffit, en effet, de déterminer sur diverses directions, passant par l'ouvrage tracé, les tangentes au terrain relevé qui laissent toutes les autres au-dessous d'elles; le point de contact de chaque tangente appartiendra à la courbe limite. Or, le point de contact sera évidemment sur chaque direction, et pour une ondulation déterminée, à l'endroit où les courbes horizontales seront le plus resserrées, ce qui le fera reconnaître immédiatement. Lorsqu'il se trouvera plusieurs points de tangence sur une même direction, on ne prendra que celui qui appartient à la tangente dont l'intersection avec le plan vertical, passant par la crête de l'ouvrage, est la plus élevée. La courbe ainsi trouvée, on agira comme nous venons de le dire, à moins qu'on ne veuille se contenter d'un simple tâtonnement, qui sera en général moins long que l'opération régulière.

159. Il ne nous reste plus enfin qu'à examiner le dernier cas, qui est celui où le relief et le tracé sont à-la-fois indéterminés, et où il s'agit de les fixer de manière à voir une pente donnée. Lorsque

nous parlons d'un relief et d'un tracé indéterminés, on ne doit point entendre une indétermination absolue; le relief, en effet, doit toujours être compris entre des limites connues, et pour le tracé, on suppose qu'on a fixé d'avance la partie du terrain que doivent occuper les ouvrages, en sorte que ce n'est que dans cette partie seulement que la face destinée à battre la pente peut varier de position.

Le problème dont nous devons nous occuper ici est évidemment indéterminé, et nous pouvons dès-lors, pour diminuer l'indétermination, supposer que l'on connaisse quelqu'une des conditions auxquelles la crête de l'ouvrage cherché doit être assujettie. Soit donné, par exemple, le plan de défilement sur lequel doit se trouver la crête, ou du moins un plan qui diffère peu de celui-ci : on concevra, comme dans le cas précédent, une surface développable tangente extérieurement à la surface relevée du terrain qui doit être battu, et l'on cherchera la projection de son intersection avec le plan donné. La crête intérieure devra être telle que sa projection rencontre à-la-fois toutes les tangentes à cette courbe; et si l'une des tangentes lui est parallèle, la crête devra se trouver au-dessus du plan auquel appartient cette tangente.

La question deviendra presque déterminée, lorsqu'avec les conditions précédentes on se donnera encore le relief de la face d'ouvrage; car, en supposant la surface du sol relevée d'une quantité égale à ce relief, et en prenant son intersection avec le plan de défilement, on obtiendrait une courbe sur laquelle devrait s'appuyer la crête; et en marquant les points de rencontre extrêmes de cette courbe avec

toutes les tangentes dont il a été question plus haut, la crête devrait s'étendre, pour le moins, de l'un à l'autre de ces points.

160. En faisant varier les conditions que nous avons ajoutées à l'énoncé général de la question, la solution varierait en même temps. Ainsi, quand on connaîtra des droites sur lesquelles devront se trouver les extrémités de la face, on cherchera, par la méthode exposée au n.° 156, sur une suite de verticales passant par ces droites, les points les plus élevés de la rencontre avec les plans tangens au terrain : ces points détermineront deux courbes sur lesquelles devront s'appuyer les extrémités de la crête, et de nouvelles conditions pourront achever de fixer leur position.

Nous ne nous arrêterons pas davantage sur cette question, et, omettant quelques détails qui peuvent aisément se déduire de ce qui précède, nous allons passer à une autre section.

SECTION III.

DU DESSIN DES DIVERSES PARTIES DONT SE COMPOSENT LES OUVRAGES DE FORTIFICATION.

161. Les objets que nous venons de traiter dans les deux premières sections, se rattachent presque autant à l'art de la fortification lui-même, qu'à celui du dessin : nous allons maintenant nous occuper de constructions qui sont les conséquences immédiates de ce qui précède, et qui, tout-à-fait du ressort du dessin, pourraient, en quelque sorte, être exécutées par l'homme le plus étranger à la fortification.

On trouve dans plusieurs traités de fortification, que les ouvrages revêtus doivent être tracés par la magistrale; lorsqu'on s'y est pris de cette façon, il se présente à résoudre le problème de trouver la position de la crête intérieure d'après celle de la magistrale. Quelques ingénieurs ont pensé, au contraire, qu'il fallait tracer les ouvrages par leur crête intérieure, parce que, disent-ils, cette ligne est vraiment la plus importante de la fortification; dans cette seconde hypothèse, on doit déterminer la magistrale d'après la crête. Pour nous, qui n'admettons exclusivement aucune de ces deux manières de tracer, nous supposerons qu'on connaît tantôt la magistrale, tantôt la crête intérieure, tantôt même la gorge ou la contrescarpe d'un ouvrage, suivant les conditions auxquelles on est assujetti. Dans chacun de ces cas, toutes les autres lignes de la fortification doivent se déduire de celle qui est déjà connue, en ayant égard aux relations qui lient ces lignes entre elles. Commençons par la détermination de la crête intérieure, en supposant que le plan de défilement qui la contient soit connu par son échelle de pente.

162. Si l'ouvrage est tracé par sa crête intérieure même, il ne restera plus qu'à fixer sa position dans le plan vertical qui la contient; or, puisque l'on connoît le plan de défilement dans lequel elle doit se trouver aussi, elle sera à l'intersection de ces deux plans, et on la cotera immédiatement aux points de rencontre de sa projection avec les horizontales données par l'échelle de pente du plan de défilement.

163. Supposons maintenant qu'on connaisse, outre le plan de défilement, le sommet du revête-

ment, et cherchons à déterminer la projection et les cotes de la crête intérieure : l'opération, dans ce cas, devient un peu plus compliquée.

Figure 64. Admettons un instant que le parapet soit construit, que son épaisseur entre les deux crêtes soit de six mètres, sa plongée au sixième, et que son talus extérieur, suivant la pente naturelle des terres, parte d'une ligne parallèle à la magistrale, et reculée de quelques décimètres pour former une berme : si par la crête intérieure on conçoit un plan parallèle au talus extérieur; que, par un point quelconque de celui-ci, on fasse passer un plan vertical perpendiculaire à la trace de la crête; que dans ce plan, enfin, on imagine une droite inclinée au sixième, la partie de la projection de cette droite comprise entre les deux plans parallèles aura six mètres de longueur, et par conséquent le point de rencontre de cette même droite avec le plan passant par la crête intérieure sera plus élevé d'un mètre que son point de rencontre avec le talus extérieur. Cela posé, menons, parallèlement à la magistrale, une ligne qui fixe la largeur de la berme, et par cette droite faisons passer un plan dont l'inclinaison avec l'horizon soit égale à la pente naturelle des terres (n.° 35); ce plan sera le talus extérieur du parapet, et l'on tracera ses horizontales, ou du moins quelques-unes d'entre elles. L'intersection de ce plan avec le plan de défilement sera parallèle à la crête intérieure cherchée; on élevera une perpendiculaire à la projection de cette parallèle, et l'on portera sur la perpendiculaire, vers l'intérieur de l'ouvrage, à partir d'un point du talus extérieur, une distance égale à

six mètres. L'extrémité de cette longueur, dont la cote sera plus petite d'une unité que celle du point à partir duquel on a mesuré les six mètres, appartiendra au plan parallèle au talus extérieur passant par la crête cherchée, et l'intersection de ce plan avec le plan de défilement donné sera la crête intérieure de l'ouvrage. Cette solution, qui est fort simple, et à laquelle l'emploi des lignes horizontales se plie parfaitement, n'est cependant guère usitée, et l'on se sert le plus souvent du tâtonnement ou de profils, pour résoudre la question que nous venons d'examiner.

Le principe sur lequel repose la solution serait toujours le même, si l'épaisseur du parapet n'était pas de six mètres. Dans ce cas, après avoir porté sur la perpendiculaire à la direction de la crête une distance égale à l'épaisseur du parapet, la cote du point extrême ne différerait plus d'un mètre de celle de l'horizontale du point de départ, mais de la fraction de mètre seulement dont la crête intérieure doit s'élever au-dessus de la crête extérieure, dans la direction du plan vertical perpendiculaire aux projections de ces crêtes. Si l'épaisseur du parapet devait varier sur la face dont on s'occupe, la construction que nous venons d'indiquer ne serait plus applicable, et devrait changer, suivant les données d'après lesquelles cette variation aurait lieu. Nous ne pouvons point énoncer ici de solution générale pour cette question, mais on tâchera, dans tous les cas, d'agir d'une manière analogue à celle que nous avons exposée ci-dessus.

Quelquefois, au lieu du plan de défilement, on

aura tout autre plan dans lequel devra se trouver la crête ; la solution alors sera évidemment la même. D'autrefois, on connaîtra la hauteur d'un point de la crête sur une certaine direction, en même temps qu'un plan parallèle au plan de défilement, ou la hauteur de la crête sur deux directions. Dans le premier cas, on déterminera, comme on l'a fait plus haut, une ligne parallèle à la crête intérieure, ce qui fera connaître la direction de la perpendiculaire à cetre ligne. La hauteur d'un des points de la crête intérieure étant donnée, on en conclura celle du point de la crête extérieure, qui se trouve avec ce point sur un profil perpendiculaire à la face, et l'on pourra, sur le talus extérieur, tracer une horizontale à la même hauteur. Cela fait, à partir de cette horizontale, on portera sur une perpendiculaire à la crête, une longueur de six mètres; par l'extrémité de cette longueur, on menera une parallèle à l'horizontale, et son intersection avec la direction primitivement donnée sera la projection du point de la crête dont on connaît la hauteur : la crête elle-même se trouvera ainsi déterminée, puisqu'on aura déjà une droite à laquelle elle est parallèle.

Dans le second cas, si les deux directions étaient parallèles, le problème serait fort simple; car on pourrait les regarder comme les projections de deux horizontales appartenant à un plan sur lequel devrait se trouver la crête; mais lorsque ces directions formeront entre elles un angle, la solution deviendra plus compliquée, et il faudra se servir des courbes de tâtonnement, dont nous avons déjà

donné plus haut des exemples. Nous ne nous arrêterons pas à ce nouveau problème, non plus qu'à beaucoup d'autres qui se présenteraient en faisant varier les données.

164. Lorsque la crête intérieure d'un ouvrage est connue, soit directement, soit comme résultat de quelque opération, toutes les autres lignes qui servent de limites aux divers plans du parapet et du rempart, s'en déduisent avec facilité. La crête extérieure lui est ordinairement parallèle à une distance de six mètres, en projection horizontale, et le plan qui relie ces deux droites, est en général incliné au sixième, dans le sens de son intersection avec le plan vertical perpendiculaire aux projections des crêtes, ce qui donne, dans le même sens, un mètre d'abaissement de la crête extérieure au-dessous de la crête intérieure. La crête extérieure tracée, le plan du talus extérieur est déterminé, puisqu'il doit passer par cette ligne, et que son inclinaison avec l'horizon est connue. Si le tracé du revêtement est donné, et par suite le plan même du mur, on arrête le talus extérieur à son intersection avec un plan parallèle à celui du mur et situé à quelques décimètres en arrière. Si le tracé du mur n'est pas connu, mais qu'on ait seulement le plan dans lequel doit se trouver son sommet, on arrête le talus extérieur à son intersection avec ce plan, et l'on trace la magistrale en avant. La magistrale étant déterminée et le talus du mur assigné, on en déduit le pied du revêtement par l'intersection de ce talus avec le fond du fossé. Quelquefois on trace à vue cette dernière ligne ; mais dans certains cas, il faut la déterminer rigoureusement.

Quand l'ouvrage ne doit point être revêtu, on prolonge son talus extérieur jusqu'au fond du fossé, ou jusqu'à la berme.

165. Quelques officiers pensent que lorsque l'on construit un ouvrage, on doit se dispenser de façonner d'abord sa banquette, et qu'il vaut mieux terminer le parapet par un talus intérieur fort doux; dès-lors, ils n'indiquent que ce talus sur le dessin du projet : mais cette manière de construire le parapet présente des inconvéniens, sur-tout pour le corps de place, qui doit toujours être en état de se défendre, et il faut dessiner toutes les parties de la banquette.

On sait que le talus intérieur du parapet a une inclinaison d'un quart ou d'un tiers de base pour un de hauteur, et que la banquette est à $1^{m}.40$ au-dessous de la crête intérieure. On trace donc, du côté opposé à la plongée, parallèlement à la crête intérieure, et à une distance de $0^{m}.35$ à $0^{m}.45$, une ligne qui marque le pied du talus intérieur. Parallèlement encore à cette ligne, et à une distance qui peut varier suivant que l'espace intérieur est plus ou moins resserré, on trace une autre ligne, qui doit se trouver avec la précédente dans un plan le plus souvent parallèle au plan de défilement, et qui termine la banquette. Enfin, par cette dernière ligne, on fait passer le plan du talus de la banquette, dont l'inclinaison, dans le sens du profil perpendiculaire à la crête, est en général de deux de base sur un de hauteur. L'intersection de ce plan avec celui du terre-plein, qui lui-même, est ordinairement parallèle au plan de défilement, achève le figuré du parapet. Quelquefois, au lieu de chercher l'intersection du talus de la banquette

avec le terre-plein, on agit comme si l'ouvrage était horizontal, c'est-à-dire, qu'on suppose, dans tous les cas, cette intersection parallèle à la ligne qui termine la banquette, et distante de $2^{m}.20$, double de la hauteur de la banquette au-dessus du plan du terre-plein ; mais en opérant ainsi, on dessine presque toujours un talus plus roide qu'il ne doit être dans l'exécution.

166. De toutes les lignes que nous venons de déterminer, il n'en est que deux qu'on soit dans l'usage de coter, savoir : la crête intérieure (bien que ses cotes puissent être déjà connues par le plan de défilement) et la magistrale. On se borne ordinairement à deux cotes pour chacune de ces lignes, à moins qu'elles ne soient fort longues et très-inclinées, auquel cas on peut les coter de mètre en mètre sur toute leur longueur, en écrivant, en outre, une cote à chacune de leurs extrémités.

Quant aux autres lignes, on se dispense de les coter, parce qu'elles se déduisent immédiatement des précédentes, et que, d'ailleurs, elles sont moins importantes. On regarde les plans qu'elles comprennent comme suffisamment connus par leurs limites et leurs inclinaisons qui sont toujours données, ce qui fait qu'on ne trace pas leurs échelles de pente, sorte de représentation réservée, comme nous l'avons dit, pour les plans qui n'existent pas réellement. Le terre-plein se trouve connu par le plan de défilement, et l'on se contente le plus souvent de coter quelques-uns de ses points, particulièrement le bord du talus du rempart ou de la contrescarpe et les endroits les plus remarquables. Mais

lorsque ce plan est assez sensiblement incliné, ou qu'il cesse d'être parallèle au plan de défilement, non-seulement on cote plusieurs de ses points isolés, mais on trace aussi ses horizontales, de mètre en mètre ou de décimètre en décimètre, suivant que son inclinaison est plus ou moins grande. Il en est de même du plan ou de la surface du fond du fossé dont on trace les horizontales lorsque son inclinaison est sensible. On trace quelquefois aussi des horizontales sur les plongées, les talus extérieurs, &c.; mais un tel soin est superflu et ne convient guère que dans le cas d'une échelle plus grande que celle du millième.

Le plan du terre-plein s'arrête, suivant les circonstances, à une contrescarpe revêtue, ou au bord d'un talus. Dans le dernier cas, la masse du rempart est terminée par un plan dont l'inclinaison est ordinairement d'un et demi ou un et quart de base sur un de hauteur. On marque l'intersection de ce talus avec le terrain inférieur, et l'on trace aussi quelquefois ses horizontales.

167. Ce que nous venons de dire n'a rapport qu'à une seule face d'ouvrage; en passant à une face voisine, on agira de la même manière, et l'on devra dessiner avec exactitude son intersection avec la première. Après avoir marqué l'intersection des murs de revêtement, s'il en existe, on cherchera celle des talus extérieurs, que l'on obtiendra au moyen d'horizontales tracées à la même hauteur sur ces deux talus. On remarquera que si les deux magistrales sont dans le même plan, le point de rencontre des deux pieds des talus sera déjà un des points de l'in-

tersection cherchée, en sorte qu'on n'en aura plus qu'un second à trouver. Si les deux magistrales, au contraire, ne se rencontraient pas, il faudrait déterminer deux points de l'intersection des talus; on prolongerait cette intersection jusqu'à la berme d'une des deux faces, et depuis le point de rencontre avec cette berme, jusqu'au sommet de l'angle du mur, on conduirait la magistrale suivant le plan du talus extérieur qui se prolonge le plus bas, afin de raccorder ensemble les maçonneries des deux faces.

Cette opération faite, on prolongera l'intersection des talus dans la partie supérieure, jusqu'à la plongée d'une des faces, et l'on remarquera qu'en général elle ne rencontrera pas en un même point les deux crêtes extérieures, parce que celles-ci ne se couperont pas toujours. Par le point de rencontre de l'intersection des talus avec une des crêtes extérieures, on menera une droite au saillant des crêtes intérieures des deux faces; par le même point, on tracera une autre droite d'une longueur arbitraire, jusqu'à la rencontre de la crête extérieure appartenant à la seconde plongée; enfin, on joindra ce dernier point de rencontre avec le point d'intersection des crêtes intérieures, et ces trois lignes détermineront un plan servant de raccordement entre les deux plongées. On prend ce plan de raccordement aussi doux que possible, afin qu'il disparaisse, pour ainsi dire, dans l'exécution; on se dispense même souvent de l'indiquer sur le dessin, lorsque l'intersection des talus extérieurs passe, à peu de chose près, par le point de concours des projections des crêtes extérieures, ce qui arrive quand les deux faces ont sensiblement la même in-

latives à la défense, en sorte qu'on n'a plus qu'à écrire les cotes de cette ligne, en la relevant dans le plan de défilement qui doit la contenir. La crête dessinée, la banquette et son talus se tracent comme il a été dit ci-dessus. Les traverses, une fois fixées de position, se dessinent comme des parapets isolés. Il est inutile d'ajouter que toutes les parties du chemin couvert se terminent, soit à leur rencontre au saillant, soit à des plans inclinés suivant le talus naturel des terres, soit à des murs de profils, et que, dans tous ces cas, il faut dessiner les intersections comme nous l'avons dit plus haut. On ne marque les horizontales du terre-plein que lorsqu'il est fort incliné.

169. Les glacis se déterminent en général par la condition de pouvoir être battus par la mousqueterie et par l'artillerie des ouvrages en arrière, et il faut pour cela, que leurs divers plans prolongés rencontrent le parapet des ouvrages, à un mètre au moins au-dessous de la crête intérieure. Si l'intersection ne remplissait cette condition que pour une partie du parapet, cette partie seulement pourrait battre le glacis avec son artillerie tirant à embrasures. Quant à l'infanterie, elle verrait jusqu'au point où le plan du glacis rencontrerait la crête intérieure elle-même; mais encore, pour qu'avec cette condition un glacis puisse être battu, il ne faut pas qu'il se présente trop obliquement aux feux de l'ouvrage en arrière, ni que ses plans soient plus inclinés dans le sens du tir que la plongée du parapet; enfin, il ne faut pas non plus qu'ils soient tellement abaissés au-

dessous des ouvrages battans, que le prolongement de la plongée de ceux-ci passe à plus d'un mètre au-dessus de la crête du chemin couvert.

Lorsqu'il paraît possible de remplir la condition de faire voir les glacis, on considère les cotes des deux points extrêmes de la crête intérieure de l'ouvrage qui doit battre, en la supposant abaissée d'un mètre; on cherche ensuite sur la crête du glacis, prolongée s'il est nécessaire, deux points qui aient les mêmes cotes, et l'on joint chacun d'eux avec le point de la crête abaissée de l'ouvrage en arrière qui est au même niveau. On peut choisir alors pour horizontale du plan de glacis celle de ces deux lignes dont le prolongement fait le plus grand angle avec la partie descendante de la crête du glacis. Le plan ainsi déterminé laisse en effet au-dessus de lui tous les points de la crête intérieure de l'ouvrage abaissés d'un mètre. Figure 64.

Le plan que nous venons d'indiquer ne doit cependant être pris pour plan de glacis qu'autant qu'il remplit d'ailleurs les autres conditions auxquelles il avait à satisfaire; car il ne doit être considéré que comme une limite, et tous les plans plus doux, c'est-à-dire, tous ceux dont l'horizontale fera un angle plus grand avec la crête du chemin couvert, seront vus par les feux de l'ouvrage en arrière. Si le plan le plus roide de ceux qui satisfont à la condition d'être battus, était trop doux encore pour rencontrer le terrain à une distance convenable, il faudrait renoncer à faire voir le glacis par l'artillerie de l'ouvrage en arrière; mais on tâcherait de le faire voir par l'infanterie de toute la face, ou d'une partie au moins de cette face.

On fait quelquefois usage, pour les glacis, de plans de raccordement sur les saillans, pour éviter les longues arêtes qui ne rencontrent point le terrain, ou qui donnent de grands remblais, et souvent des demi-couverts avantageux à l'ennemi. Ces plans ne passent ordinairement que par un des points de la crête ou de l'arête du saillant, et on les assujettit, comme les autres, à être vus des ouvrages en arrière ; mais comme souvent les faces de ces ouvrages ne les battraient que très-obliquement, on se contente de les soumettre aux feux du saillant, et, pour cela, on joint par une droite le point par où doit passer le plan de raccordement, avec le saillant en arrière, abaissé d'un mètre ; on divise cette ligne de jonction de mètre en mètre, et les horizontales du plan cherché doivent s'appuyer à ces points de division. On est libre, du reste, d'incliner ces horizontales comme on veut, ce qui donne le moyen de prendre le plan de raccordement le plus favorable pour les remblais; on peut même, par la droite dont nous venons de parler, considérée comme arête, faire passer deux plans différens, en brisant les horizontales sur cette ligne, pour obtenir un raccordement plus convenable.

170. De quelque manière que les glacis aient été déterminés, les crêtes doivent être cotées à leurs extrémités, et, de plus, à tous les points dont la cote est un nombre exact de mètres ; toutes les horizontales doivent être marquées, aussi de mètre en mètre, sur les plans des glacis, et les intersections de ces plans entre eux, résultant de la rencontre des horizontales de niveau, doivent également être tracées.

Enfin, il faut encore dessiner avec soin la rencontre des glacis avec le terrain naturel, et la coter à toutes ses intersections avec les courbes horizontales, de façon qu'aucune partie des glacis, non plus que des chemins couverts, ne soit indéterminée, et qu'on ait immédiatement les données suffisantes pour bien juger de leur état, et pour pouvoir les construire sur le terrain.

Quand on substitue à quelques-uns des plans de glacis, des parties de surfaces courbes, il faut représenter ces surfaces par leurs lignes horizontales, comme nous l'avons dit dans la première partie, afin que toutes les surfaces de même nature soient exprimées de la même manière.

171. Lorsque les passages des traverses du chemin couvert ne sont pas dans une même ligne droite avec les branches en arrière, le plan du glacis devrait changer autant de fois qu'il y a de changemens de direction de la crête le long d'un passage ; mais tous ces plans différeraient peu les uns des autres, et, après l'exécution, ils ne tarderaient même pas à se confondre, en sorte qu'il est bon de continuer le plan de glacis de la partie en arrière, jusqu'au delà de la traverse ; et comme, en agissant ainsi, la crête du passage se trouverait un peu baissée, on la relève dans le plan de défilement, en dessinant au-dessus du glacis un petit bourrelet composé de trois ou quatre plans, qui viennent se raccorder avec le plan principal, très-près de la crête.

Les ressauts du glacis, en passant d'une partie du chemin couvert à une autre qui n'est pas dans le même plan de défilement, se raccordent au moyen

de plans arbitraires vus des ouvrages en arrière, et qui rencontrent à-la-fois les deux crêtes du chemin couvert en avant de la traverse près de laquelle a lieu le ressaut. De cette manière, le passage peut être couvert, puisque sa crête tout entière se trouve dans le plan de défilement de la partie du chemin couvert qui est la plus élevée.

Tout ce que nous venons de dire des glacis ordinaires, s'entendrait pareillement des glacis de contrescarpe ou de gorge dont il a été fait mention plus haut; nous ne nous y arrêterons donc pas.

172. Nous allons maintenant terminer l'exposé de la manière dont se dessinent les diverses parties qui entrent dans un plan de fortification, en parlant des rampes et des escaliers ou *pas de souris*.

Les rampes sont en terre ou en maçonnerie, car nous ne parlerons point des rampes en bois, attendu qu'elles ne sont pas permanentes. Occupons-nous d'abord des rampes en terre. On peut les disposer de trois manières différentes : ou tout-à-fait isolées, comme lorsqu'elles partent d'un terre-plein pour arriver à la queue d'une barbette; ou bien appuyées d'un côté à un talus, comme lorsqu'elles servent à monter d'un terre-plein inférieur sur le rempart de la face d'un ouvrage; ou bien enfin, engagées entièrement dans le terrain, comme il arrive quelquefois lorsqu'elles sont perpendiculaires à la gorge d'un ouvrage. L'inclinaison des rampes peut varier depuis quatre de base jusqu'à vingt de base sur un de hauteur, suivant l'objet qu'elles doivent remplir, et suivant leur longueur. L'inclinaison le plus souvent choisie pour les rampes de la fortification, est celle de six de base sur un

de hauteur. Mais quelle que soit cette inclinaison, la manière de dessiner la rampe est toujours la même, et il faut dans tous les cas que la ligne de plus grande pente du plan supérieur soit dirigée suivant la ligne milieu de cette rampe, ou autrement, que les horizontales soient perpendiculaires à cette ligne.

173. Supposons d'abord qu'on veuille dessiner une rampe droite, isolée, partant d'un point donné dans une direction et avec une inclinaison connues. Par le point de départ, on tracera une droite dans la direction donnée; on la cotera de mètre en mètre, de manière qu'elle ait l'inclinaison demandée, et cette ligne sera le milieu de la rampe, ou l'échelle de pente de son plan supérieur. A droite et à gauche, on tracera, dans ce plan, deux droites à une distance convenable, et qui devront ordinairement être parallèles; ces droites détermineront les bords de la rampe. On fera passer de chaque côté, par ces bords, un plan incliné suivant le talus naturel des terres; et enfin, on tracera exactement toutes les intersections des plans de la rampe avec les divers plans attenans. Ces intersections, prolongées jusqu'aux points où les plans cessent d'exister, serviront à indiquer la forme de la rampe. Figure 65.

Si la rampe, au lieu d'être droite, devait être brisée, on agirait comme nous venons de dire, depuis le point de départ jusqu'à la première brisure. On considérerait ensuite cette brisure comme un nouveau point de départ, et l'on construirait une nouvelle rampe suivant la seconde direction donnée; on raccorderait les deux plans de rampe Figure 66.

entre eux, par un troisième plan ou par une surface gauche, puis on continuerait jusqu'au point d'arrivée. Souvent, au lieu de continuer la rampe à partir de chaque brisure, on établit en ce point un pallier, c'est-à-dire, un espace horizontal ou parallèle au terre-plein qui sert de repos, dans les tournans roides sur-tout. On donne au pallier la même largeur qu'à la rampe, et telle longueur qu'on juge convenable; on le termine par des plans latéraux inclinés suivant le talus naturel des terres, et l'on continue la rampe à son extrémité, suivant la direction voulue.

Figure 67. Si la rampe devait être courbe, on dirigerait l'axe suivant la courbure donnée, et on le coterait de mètre en mètre, de manière que son inclinaison fût constante. Les horizontales de la rampe devraient être perpendiculaires à cette courbe, en sorte que la surface supérieure ne serait plus plane, mais héliçoïde. Les talus latéraux deviendraient également gauches, et leurs surfaces seraient les enveloppes de toutes les surfaces coniques à angle central égal, dont les sommets s'appuiraient sur les bords de la rampe. Cette génération des surfaces donne le moyen d'en tracer facilement les horizontales, et, par suite, de trouver leurs intersections avec les plans ou les surfaces voisines.

Au lieu de se donner toutes les conditions d'où nous sommes partis pour le tracé de la rampe, on pourrait en laisser quelqu'une indéterminée, comme, par exemple, la direction ou le point de départ, et s'en donner en même temps quelque autre équivalente; alors, pour chaque changement de données,

on aurait un problème particulier à résoudre. Mais comme ces problèmes se réduisent en, général, à de simples questions de géométrie plane, et que d'ailleurs le nombre n'en peut être limité, nous nous contentons ici d'indiquer leur existence. Occupons-nous maintenant des rampes accolées à des talus.

174. Ces rampes peuvent être, comme les précédentes, ou droites et simples, ou brisées et composées de plusieurs branches, ou enfin courbes.

Soit d'abord à construire une rampe droite et simple qui s'appuie sur un talus donné, et dont on connaisse l'inclinaison et le point de départ: par ce point, on tracera sur le plan du talus une droite qui ait l'inclinaison donnée (n.° 39); cette droite, prolongée jusqu'au haut du talus, sera l'un des côtés de la rampe; les horizontales du plan supérieur devront être tracées perpendiculairement à ce côté, et, cela fait, le reste se déterminera comme dans le cas d'une rampe isolée. On remarquera cependant que le talus qui aboutit au second côté, au lieu d'avoir l'inclinaison des terres coulantes, sera le plus souvent parallèle au talus donné, afin qu'il puisse se prolonger au-delà de la rampe, et remplir le même office que celui-ci. Figure 68.

Il arrive assez souvent qu'une rampe doit être composée de plusieurs branches ayant des directions diverses, faute de l'espace nécessaire pour être développée en ligne droite. Cette rampe doit alors s'appuyer sur différens talus formant entre eux un angle quelconque, ou parallèles et distans les uns des autres d'une quantité égale à la largeur de la Figures 69 et 70.

rampe. Chaque branche d'ailleurs se construit comme nous l'avons indiqué plus haut. On établit ordinairement des palliers entre les diverses branches dont se compose une même rampe, et ces palliers s'appuient aux talus donnés.

Une rampe du genre de celles dont nous parlons, ne peut être courbe en conservant son inclinaison constante, qu'autant qu'elle monte le long d'un talus courbe. Sa construction, du reste, est analogue à celle que nous avons indiquée pour le cas précédent, parce qu'on trace les horizontales du talus donné et que l'on considère la surface comme plane, entre ces horizontales, sur la longueur que doit y occuper la rampe.

Figure 71.

Les rampes adossées à des talus peuvent donner lieu à un grand nombre de problèmes comme les rampes isolées. Souvent le point de départ et le point d'arrivée sont connus à-la-fois, et il faut alors chercher quelles sont les directions successives à donner au bord de la rampe, pour la faire arriver au point voulu. Supposons qu'on veuille parvenir d'un point à un autre, au moyen de deux rampes adossées à deux talus parallèles, dont un seul est fixé de position. On dirigera, à partir du point de départ, sur le plan du talus donné, une première ligne ayant l'inclinaison de la rampe; par le point d'arrivée, on tracera sur le même talus une ligne inclinée comme la première, mais qui se dirige en sens contraire, et la rencontre par conséquent en un certain point. Ce point servira de sommet pour la première rampe, et de point de départ pour la seconde; il faudra établir un pallier horizontal entre elles deux sans quoi l'on ne pourrait

pas tourner de l'une sur l'autre. La construction de ces deux rampes aura lieu d'ailleurs comme nous l'avons déjà indiqué.

175. Les rampes taillées en entier dans les terres se tracent absolument de la même manière que les rampes isolées ; seulement, elles sont en déblai au lieu d'être en remblai par rapport au plan sur lequel elles montent, et les talus qui partent de leurs bords, au lieu de descendre jusqu'au plan qui passe par le pied de la rampe, s'élèvent jusqu'à celui sur lequel s'appuie son sommet. Nous n'insisterons pas sur ce genre de rampes, qui n'offre, comme on voit, rien de bien particulier. Figure 72.

176. Les rampes peuvent être en partie isolées, en partie adossées et en partie en déblai ; ce qui ne présente aucune difficulté réelle pour le dessin ; il faut avoir bien soin de distinguer les divers plans qui entrent dans leur construction et de dessiner toutes leurs intersections ; car, nous le répétons, il ne doit pas y avoir, sur-tout un dessin de fortification, un seul point qui reste indéterminé.

Quelquefois les rampes, au lieu d'être construites dans l'intérieur des ouvrages ou accolées à des talus, sont simplement tracées sur le terrain pour former des chemins. On les dispose toujours alors de manière que leur pente soit à peu près régulière, en leur faisant suivre la courbure nécessaire pour cela (n.° 61). On marque leurs horizontales comme dans les cas précédens ; mais, au lieu de construire des talus latéraux, on fait souvent le raccordement avec le terrain au moyen de surfaces gauches qu'on obtient en menant par les extrémités de chaque horizontale de la Figure 73.

rampe, des tangentes à la courbe horizontale du terrain qui a la même cote. On fait aussi parfois usage de surfaces gauches pour terminer latéralement les rampes dans l'intérieur des ouvrages, lorsqu'on y trouve quelque avantage, comme de diminuer les déblais, d'éviter les angles trop rentrans ou trop saillans des plans de raccordement, &c.

177. Les rampes revêtues en maçonnerie se tracent de la même manière que les autres. Si les murs qui les soutiennent sont verticaux, il suffit d'une seule ligne pour indiquer chaque bord ; si ces murs ont des talus, on les traite comme des talus en terre, dont ils ne diffèrent que par leur roideur.

178. Les pas de souris peuvent être considérés comme des rampes dont la pente est fort roide; elle est ordinairement d'un et demi ou deux de base pour un de hauteur. Ils sont le plus souvent appuyés à des murs en maçonnerie, mais quelquefois cependant ils peuvent l'être à des talus en terre. Ils se tracent comme les rampes, en observant la différence d'inclinaison; et pour ne point les confondre avec ces dernières, et dessiner d'ailleurs toutes les parties dont ils se composent, on marque l'arête de chacune de leurs marches en donnant $0^{m}.30$ à peu près d'une ligne à l'autre. Tout ce que nous avons dit des rampes est en outre applicable aux escaliers, si ce n'est qu'on ne trace pas leurs horizontales de mètre en mètre.

179. Nous aurions encore à nous occuper des poternes et de leurs abords, des passages voûtés, des passages de traverses, des ponts, &c. pour achever l'examen de toutes les parties qui entrent ordinai-

rement dans un plan d'ensemble; mais le dessin complet de ces objets appartient aux détails des constructions, dont il ne peut être question dans ce mémoire. Les voûtes se marquent simplement sur le plan d'ensemble au moyen de deux traits ponctués indiquant leur largeur intérieure. Dans les ponts, on dessine les lignes du bord, et quand ils sont en bois, on marque quelques lignes transversales pour indiquer les madriers des tabliers. L'usage est de tracer les deux diagonales du tablier des ponts-levis. Quant aux abords des poternes, ils sont souvent en rampes, qu'on dessine comme il a été dit. Lorsqu'une voûte débouche dans un talus en terre, son entrée est revêtue en maçonnerie, et les talus latéraux sont soutenus par des murs en ailes auxquels on donne la direction qu'on juge convenable. Nous ne nous arrêterons pas davantage sur ces détails, qui n'offrent aucune difficulté dans le dessin.

180. Nous avons terminé l'indication de la manière dont on dessine chaque partie de la fortification, en négligeant les nombreuses anomalies qui peuvent se présenter : nous avons supposé, par exemple, que le pied du talus extérieur des parapets était une ligne parallèle à la magistrale, et quelquefois ces deux lignes sont convergentes et séparées par une berme plus ou moins inclinée; nous avons supposé que le talus extérieur des parapets était plan, et quelquefois il est en surface gauche; nous avons supposé les deux crêtes des parapets parallèles entre elles, et elles ne le sont pas toujours; quelquefois l'inclinaison de la plongée n'est point constante; il peut en être de même aussi du talus de la ban-

quette, &c.; la crête intérieure et les autres lignes de la fortification peuvent enfin être courbes. Nous ne pouvons entrer, pour tous ces cas particuliers, dans un détail qui nous menerait trop loin ; mais ce que nous avons dit doit suffire pour mettre sur la voie des opérations ou des tâtonnemens à faire alors. Nous allons maintenant ajouter quelques mots sur la manière dont les dessins doivent être passés à l'encre, cotés et lavés.

181. On est dans l'usage de tracer en rouge toutes les lignes de maçonnerie. On emploie un gros trait pour les magistrales, et en général pour tous les sommets de murs. Les pieds et les intersections de murs se dessinent en traits fins. On indique en traits rouges ponctués, les maçonneries recouvertes de terre.

On dessine ordinairement en traits fins, à l'encre de la Chine, les courbes horizontales du terrain, et souvent on renforce le trait de dix en dix mètres, pour aider l'œil à suivre les courbes. Quelquefois aussi, l'on marque ces horizontales en vert ou en bistre; et cette méthode est peut-être préférable, en ce qu'on ne peut plus alors confondre ces courbes avec des lignes existant réellement sur le terrain. Les courbes tracées de cette manière produisent aussi moins de confusion, lorsqu'on les laisse au-dessous d'ouvrages de fortification projetés.

On marque en traits noirs pleins, toutes les lignes de la fortification autres que celles qui appartiennent aux maçonneries, comme les arêtes, les pieds et les intersections de talus. Toutes les crêtes intérieures sont indiquées par un trait renforcé. On marque en

bleu, et avec un trait fin, les intersections de la surface de l'eau avec le terrain, avec les talus en terre ou les maçonneries. Les charpentes se dessinent en traits noirs. Les horizontales des plans existans, comme des glacis, des terre-pleins, des talus peu inclinés, des fonds de fossés, des rampes, &c., s'indiquent en traits noirs ponctués, ou quelquefois en lignes pleines très-fines.

Quelques personnes dessinent les échelles de pente des plans de défilement en lignes noires; d'autres le font en lignes de couleur. Nous approuvons cette dernière manière, et nous employons ordinairement la couleur bleue pour ces échelles que nous formons de deux traits parallèles et fort voisins, recoupés de mètre en mètre, ou même de décimètre en décimètre, quand la pente est douce, par des traits horizontaux de quelques millimètres de longueur; on prolonge quelquefois l'un d'eux, pour qu'il donne la direction de l'horizontale. On a soin de placer l'échelle de pente du plan de défilement de chaque ouvrage, dans la partie où elle peut produire le moins de confusion, et on ne la prolonge que de la quantité nécessaire pour qu'elle puisse faire connaître les cotes de tous les points des crêtes.

Lorsqu'il y a des échelles de plans de revers, il est bon de les dessiner d'une autre couleur que les échelles de défilement, pour se dispenser d'écrire aucune indication auprès d'elles : on peut les marquer en vert, par exemple. Enfin, on peut adopter la couleur vermillon pour les échelles des plans de défilement des maçonneries.

On ne passe à l'encre aucune des lignes de cons-

truction. On marque seulement quelquefois, en traits fins de couleur ou en traits ponctués, les lignes qui servent à faire voir comment une porte, un pont, un mur ou un espace quelconque est couvert.

182. Nous avons déjà dit plus haut que l'on cotait les lignes principales de la fortification de manière qu'il ne restât sur le dessin aucun point qui fût indéterminé. Toutes les cotes de la maçonnerie s'écrivent en rouge, et celles du terrain, en noir. Lorsqu'on écrit à-la-fois les cotes du terrain existant et celles d'ouvrages projetés qui doivent se trouver au-dessus, on distingue les cotes du projet au moyen d'une parenthèse, ou mieux d'un petit trait au-dessous du nombre.

Les cotes des échelles de pente s'écrivent avec de l'encre de même couleur que celle qui a servi pour ces échelles.

183. Pour faciliter l'intelligence d'un dessin de fortification, on a coutume d'appliquer des teintes sur les parapets, sur les glacis, et sur tous les plans autres que ceux des terre-pleins, des rampes et des banquettes. On emploie des teintes différentes, suivant l'objet que l'on doit exprimer.

On met une teinte verte sur tous les parapets et les talus existans ; on lave en bistre les parties dont on ne fait que modifier les formes, comme les parapets d'ouvrages dont on règle le relief, les glacis que l'on rehausse, &c. Enfin, on applique une teinte jaune sur tous les terrassemens projetés à neuf. Il est bon aussi de mettre une teinte rouge sur les maçonneries existantes, et une teinte jaune-foncé sur les maçonneries projetées. Quelques dessinateurs

couvrent les fossés secs d'une teinte légère de brun ou de gris, pour faire mieux ressortir les ouvrages et rendre le dessin plus clair. On indique les eaux par une teinte de bleu-clair, bordée d'un liséré plus foncé. Les toitures des bâtimens militaires se lavent en bleu foncé, lorsque ces bâtimens existent, et en jaune clair, mêlé de noir, s'ils sont en projet. Les bâtimens particuliers se lavent en carmin.

Des Profils.

184. Lorsqu'un plan est dessiné avec soin d'après les indications que nous venons de donner, la fortification est complétement arrêtée et peut être regardée comme suffisamment connue. Pour faciliter cependant l'examen d'un projet, pour faire juger au premier coup d'œil les reliefs et les commandemens respectifs de certaines parties, et sur-tout pour indiquer les maçonneries souterraines, on joint au plan général diverses coupes ou profils, sur lesquels on dessine quelquefois des portions d'élévation. Lorsque les maçonneries souterraines sont compliquées, on en fait, en outre, un plan particulier; mais nous ne nous occuperons pas de ce dernier objet, nous ne voulons parler ici que des profils.

185. Un profil est l'intersection d'un plan vertical avec le terrain naturel, la fortification et les ouvrages de toute espèce qu'il rencontre sur le dessin. On dispose ordinairement le plan du profil perpendiculairement à la face de l'ouvrage dont on veut connaître le commandement. Si le profil doit avoir beaucoup d'étendue et qu'il rencontre plusieurs faces d'ou-

vrages différens, on le brise souvent en le composant de plusieurs plans verticaux, de manière qu'aucune face ne soit coupée trop obliquement, ce qui la défigurerait et ferait mal juger son action. On ne construit guère, en général, les profils sur une échelle plus petite que celle de deux millièmes, sur-tout lorsqu'ils doivent représenter des détails de maçonnerie. Dans ce dernier cas, et lorsqu'il y a des voûtes coupées, il faut faire en sorte que le plan du profil rencontre ces voûtes perpendiculairement à leur axe ou suivant l'axe même. Si l'échelle du profil n'est pas la même que celle du plan, il faut du moins qu'elle en soit un multiple exact, afin de faciliter la comparaison. On marque sur le dessin les traces des plans suivant lesquels on construit les profils, et l'on numérote ces lignes, ou on les désigne avec des lettres.

186. Lorsqu'on a fixé sur le plan la direction suivant laquelle on veut faire une coupe, on trace sur la feuille qui doit contenir les profils, et parallèlement au bord supérieur du cadre, une droite, que l'on regarde comme une des horizontales des plans du profil. Cette droite doit être choisie de manière à passer au-dessus de tous les points du profil; elle doit même appartenir, s'il est possible, à un plan horizontal passant par-dessus toute la fortification et le terrain dans lequel on fera les coupes, afin de pouvoir être prise à même hauteur pour tous les profils qu'on devra construire sur un même dessin. On donne ordinairement pour cote à cette horizontale un nombre exact de dixaines de mètres, comme $0^m, 10^m, 20^m, 30^m, 100^m$, &c.

Cela fait, on considère sur le plan les points où la trace du profil rencontre les diverses lignes qui terminent la fortification ainsi que les horizontales du terrain, et l'on reporte tous ces points, dans l'ordre où ils se trouvent, sur l'horizontale dont nous venons de parler, en observant de faire varier leurs distances respectives en raison de la différence des échelles du plan et du profil. Par chacun de ces points, on abaisse une ordonnée verticale; on prend sur le plan la cote de chacun des points correspondant aux ordonnées, et l'on porte sur ces dernières, à partir de l'horizontale, une longueur égale à la différence entre la cote de cette horizontale et celle du point. Les extrémités des ordonnées ainsi déterminées, étant réunies deux à deux par des lignes droites, ou par des courbes, si elles appartiennent à des surfaces courbes, forment le profil cherché. Les détails de la maçonnerie et des voûtes n'étant pas ordinairement tous marqués sur le plan, on les dessine directement sur le profil, d'après les conditions que ces maçonneries doivent remplir.

187. Quand on ajoute à la coupe une projection verticale ou élévation de quelques parties voisines du plan coupant, on la construit avec autant de facilité que le profil même. On limite d'abord sur le plan les parties dont on veut avoir l'élévation, et l'on projette perpendiculairement à la trace du profil tous les points remarquables et toutes les extrémités des lignes qui doivent entrer dans cette élévation. On reporte ces projections sur l'horizontale du profil, et l'on abaisse par chacune d'elles une ordonnée sur laquelle on mesure une longueur égale à la différence

des cotes du point auquel elle appartient et de l'horizontale du profil; les points ainsi obtenus, réunis entre eux dans le même ordre que sur le plan, forment l'élévation demandée.

On remarquera qu'il se présente pour l'élévation une petite difficulté lorsque le profil est brisé : la projection sur la trace du profil se faisant par des perpendiculaires à cette trace, on voit que dans le voisinage des brisures, il pourra se trouver deux projections du même objet, ou qu'il pourra arriver au contraire que certaines parties de la fortification ne soient pas projetées. Ce dernier inconvénient est peu grave lorsqu'on a le soin de placer les brisures sur des lignes verticales de la fortification, qui servent comme de cadres aux diverses parties de l'élévation, ou dans des espaces qui ne contiennent pas de détails à dessiner, comme sur le terrain intérieur d'un ouvrage, dans le fond d'un fossé que coupe le profil, &c. Quant à l'inconvénient des parties doubles, il devient nul en négligeant une des deux projections. On peut en outre, si l'on craint d'induire en erreur, marquer sur la coupe, par une ligne verticale tremblée, l'endroit de la brisure; en sorte que chaque espace compris entre deux brisures forme une projection distincte.

Quelques personnes, pour rendre plus sensibles les commandemens respectifs des ouvrages, construisent les dimensions verticales des profils sur une échelle plus grande que celle qui sert pour les dimensions horizontales. Cette manière de dessiner ne peut être admise que lorsqu'on trace un profil dans le but unique d'arriver à la solution de quelque problème;

mais quand le profil est exécuté pour aider à l'intelligence du dessin, on doit rejeter une méthode qui altère entièrement les formes de la fortification.

188. Nous n'insisterons pas davantage sur la construction des profils, qui se fait, comme on voit, par une opération fort simple. Nous ajouterons seulement qu'il faut avoir soin de faire distinguer, comme sur le plan, par des teintes conventionnelles, les parties existantes de celles qui ne sont qu'en projet, et les parties coupées de celles qui sont en élévation. On a coutume de mettre des teintes intenses sur les parties coupées, et de n'en mettre que de très-légères sur tout ce qui est en projection. Les maçonneries existantes se lavent en rouge comme sur le plan, et les maçonneries en projet se lavent en jaune; les ouvrages en terre existans et coupés se distinguent par du bistre, et les terrassemens en projet, par du jaune plus faible que celui des maçonneries. Les terrassemens en élévation et existans peuvent s'indiquer en vert pâle, et ceux en projet, en jaune plus tendre encore que dans la coupe. Il est bon d'indiquer sur la coupe la partie du terrain naturel qui doit être déblayée; on le fait en accompagnant de hachures à la plume, sans addition d'aucune teinte, le trait qui marque l'intersection de la surface du terrain à déblayer avec le plan du profil.

On peut se dispenser d'écrire sur un profil aucune autre cote que celle de son horizontale, parce qu'avec le compas on se procure facilement la connaissance de toutes les hauteurs dont on a besoin; mais il vaut mieux cependant coter les

points principaux comme sur le plan. On trace aussi quelquefois les verticales qui passent par ces points.

189. Nous terminerons ici la deuxième partie de ce mémoire, non que nous la croyions complète, mais parce que les détails dans lesquels nous sommes entrés sont déjà fort longs, qu'un examen plus étendu nous entraînerait trop loin, et que l'intelligence de chacun peut aisément suppléer à ce que nous avons omis. Peut-être desirerait-on, à la suite de ce mémoire, une troisième partie dans laquelle fussent exécutées, sur un exemple unique et convenablement choisi, toutes les opérations que nous n'avons fait qu'indiquer d'une manière générale. Plusieurs considérations nous ont empêchés d'entreprendre ce dernier travail; mais quelque imparfait que soit celui que nous présentons, nous osons espérer qu'il ne sera pas sans utilité, et nous croirons avoir fait beaucoup déjà, si nous attirons l'attention des officiers du génie vers les perfectionnemens à apporter au dessin de la fortification.

FIN DU MÉMOIRE SUR LA FORTIFICATION.

MÉMOIRE

SUR LES BÂTIMENS MILITAIRES,

Par M. BELMAS, Capitaine du Génie, Aide-de-camp de M. le Lieutenant général ROGNIAT.

PARMI les nombreuses et importantes constructions qui se rattachent à la défense de l'État, on doit distinguer sur-tout les édifices élevés pour le logement des hommes et pour la conservation des approvisionnemens nécessaires à cette défense : tels sont les casernes d'infanterie et de cavalerie, à l'épreuve de la bombe ou non à l'épreuve; les pavillons d'officiers et les hôtels pour les états-majors; les magasins des lits et des effets de campement, les manéges, les magasins à fourrage, les citernes, les manutentions, les magasins des vivres, les magasins à poudre, &c. Ces édifices forment le complément des moyens défensifs préparés par l'ingénieur militaire (1).

Leur établissement exige une étude approfondie de l'architecture. Cet art, en effet, ne s'applique pas seulement à tel ou tel projet en particulier; ses prin-

(1) Les arsenaux sont exceptés; ils dépendent de l'artillerie.

cipes sont généraux, et s'étendent à tous les édifices. Ceux qui sont destinés au logement des gens de guerre et aux accessoires de la défense, présentent, par leur nombre, leur étendue et le caractère qui leur est propre, une des plus belles applications de ces principes. Où développer en effet avec plus de hardiesse les effets si nobles et si piquans du genre rustique et sévère ! Quels édifices doivent paraître plus imposans et porter à un plus haut degré l'empreinte de la grandeur et de la puissance du souverain ! L'élégance et la richesse conviennent moins sans doute aux édifices militaires, que la simplicité et la solidité ; mais ces derniers caractères ne peuvent-ils suffire pour faire naître les beautés de la décoration architectonique !

Nous nous proposons d'étudier, dans ce Mémoire, quelques-uns des édifices militaires. Il existe déjà, il est vrai, beaucoup d'édifices de ce genre ; mais ils diffèrent souvent tellement entre eux, et les renseignemens qui peuvent servir de base à leur établissement sont tellement épars, qu'à chaque nouveau projet à former, on se trouve encore assez souvent embarrassé, soit par le manque de données certaines sur les convenances particulières auxquelles il faut satisfaire, soit par l'incertitude où l'on se trouve jeté par ces données mêmes sur le choix de la meilleure disposition.

La connaissance de ces données est cependant indispensable pour l'établissement de tout projet d'édifice : mais il faut avouer que l'ingénieur ne se trouve pas toujours convenablement placé pour recueillir les renseignemens qui lui seraient nécessaires

dans chaque cas particulier, et que trop souvent les personnes qui, par leurs rapports avec l'administration militaire ou les troupes, devraient être le plus à même de l'éclairer dans ses recherches, ne peuvent lui fournir néanmoins aucun résultat satisfaisant pour son sujet, faute d'avoir jamais fait aucune observation qui y soit relative. Nous croyons donc qu'il serait avantageux de réunir à l'avance les diverses convenances des établissemens militaires; de les discuter même sous le rapport de leur degré d'importance, afin de fixer les idées sur l'obligation de satisfaire plus ou moins rigoureusement à chacune d'elles, et de connaître ainsi celles de ces données qui, dans chaque cas particulier, pourraient être sacrifiées avec le moins d'inconvénient.

Il ne faut pas croire, en effet, que, dans la rédaction d'un projet, on puisse toujours satisfaire également bien à toutes les convenances; le grand nombre de données auxquelles on doit avoir égard ordinairement, rend le problème si indéterminé, que ce n'est que par une espèce de tâtonnement, en balançant toutes les parties et en cherchant à concilier des conditions souvent opposées, qu'on peut espérer d'arriver au meilleur résultat.

C'est dans ce genre de recherches que consiste la grande difficulté de la distribution. Elles deviendraient sans doute plus faciles, si, après avoir posé d'abord toutes les conditions qui conviennent au genre d'édifice que l'on traite, et s'être bien pénétré de leur degré d'utilité, on connaissait à l'avance les projets les plus intéressans déjà présentés sur le même sujet, leurs avantages, leurs défauts, la

manière dont ils satisfont aux convenances qui leur sont propres, et enfin les différences que tel ou tel changement principal dans la disposition peut amener dans la dépense, cet élément si essentiel dans l'art des constructions.

Mais l'exécution d'un pareil travail pour tous les édifices militaires exigerait trop de temps et un trop grand nombre de dessins, pour qu'on pût l'obtenir de si tôt ; ce n'est que peu à peu qu'on doit espérer d'y parvenir : et en y ajoutant successivement tous les renseignemens que l'on pourrait recueillir, il offrirait peut-être enfin un corps de doctrine propre à servir de base fixe et de règle invariable pour l'établissement de ces édifices.

Nous essaierons ici d'esquisser ce travail, en nous restreignant toutefois à l'étude des casernes. Après avoir donc établi et discuté les convenances qui sont propres à ces édifices, nous examinerons de quelle manière elles peuvent être remplies d'après les dispositions adoptées jusqu'à présent. Cette discussion nous conduira naturellement à présenter ensuite quelques-unes de nos idées sur ce sujet. Mais avant d'entrer dans aucun détail, il nous a paru indispensable de réunir d'abord quelques préceptes d'architecture sur la composition en général, afin d'en déduire ensuite d'une manière plus certaine, dans le cours de ce Mémoire, les principes qui doivent nous guider dans la composition du genre particulier que nous nous proposons d'étudier.

§. I.er

DE LA COMPOSITION EN ARCHITECTURE.

L'architecture est l'art de composer et de construire les édifices publics et particuliers.

Son but est de remplir, avec le moins de frais possible, toutes les convenances qu'exigent la nature et l'emploi d'un édifice donné.

Ces convenances sont générales ou particulières : les premières sont applicables à tous les édifices ; les autres dépendent spécialement de l'usage particulier auquel ils sont destinés.

Les convenances générales sont la solidité, la salubrité, la commodité et l'économie ; on peut encore y joindre la simplicité, la régularité, la symétrie, &c.

Les convenances particulières dépendent de la destination que doit avoir un édifice donné et de l'emplacement qu'il doit occuper : dans chaque cas particulier, il faut que l'architecte mette tous ses soins à les bien connaître, puisque c'est de la manière dont elles seront remplies, que doit résulter immédiatement le degré d'utilité de l'édifice qu'on veut élever.

Indépendamment des convenances générales ou particulières auxquelles doit satisfaire un édifice, l'œil aime encore à retrouver dans l'ensemble de cet édifice, et suivant le genre qui lui convient, plusieurs sortes de beautés, telles que la grandeur, la magnificence, la variété et le caractère. Bien des architectes, en cherchant à obtenir ces beaux effets, ont

fini par perdre de vue le but essentiel de l'architecture, qui est l'utilité, et par tout sacrifier aux idées de décoration ; de là la source des abus et des vices que l'on remarque dans les monumens même les plus renommés.

Il est reconnu, d'après les idées les plus saines en architecture, que c'est sur-tout en s'astreignant à remplir le mieux possible toutes les convenances, au moyen d'une bonne disposition, que l'on peut espérer d'obtenir les beautés de la décoration architectonique.

Qu'est-il besoin en effet, disons-nous avec M. Durand, dont les excellentes leçons ne peuvent être trop souvent rappelées, qu'est-il besoin de courir après toutes ces beautés partielles ! Si l'on dispose un édifice d'une manière convenable à l'usage auquel on le destine, ne différera-t-il pas essentiellement d'un autre édifice destiné à un autre usage ! n'aura-t-il pas naturellement un caractère, et, qui plus est, son caractère propre ! Si les diverses parties de cet édifice, destinées à divers usages, sont disposées chacune de la manière dont elles doivent l'être, ne différeront-elles pas nécessairement les unes des autres ; cet édifice n'offrira-t-il pas de la variété ! Ce même édifice, s'il est disposé de la manière la plus simple, ne paraîtra-t-il point, par cela même, plus grand, plus majestueux ! Sans doute, puisque l'œil alors embrassera à-la-fois le plus grand nombre de ses parties.

Il y a plus, cette recherche de ce qui peut plaire à l'œil, loin d'être nécessaire, est au contraire nuisible à la décoration elle-même. En effet, si, parce que certaines beautés dans un édifice vous

auront frappés, vous voulez les transporter dans un autre qui n'en est pas susceptible, ou si, lorsque ces beautés s'y trouvent naturellement, vous voulez les élever à un plus haut point que la nature de l'édifice ne le comporte, n'est-il pas évident qu'elles s'évanouiront, si même elle ne se changent en défauts ! On ne doit donc, ni s'attacher à ce que l'architecture plaise, vu qu'il lui est impossible de ne pas plaire, ni chercher à donner de la variété, de l'effet et du caractère aux édifices, puisqu'il est impossible qu'ils n'aient pas ces qualités. C'est donc de la disposition seule que doit s'occuper un architecte, quand même il tiendrait à la décoration architectonique, quand même il ne chercherait qu'à plaire, puisque cette décoration ne peut être appelée belle, ne peut causer un vrai plaisir, qu'autant qu'*elle est l'effet nécessaire* de la disposition la plus convenable et la plus économique.

Ces principes sont trop évidens pour ne pas devoir servir de base fondamentale en architecture; et dût-on les juger trop sévères, au moins n'entraîneront-ils pas dans les écarts déraisonnables auxquels sont arrivés les partisans exclusifs de la décoration.

Remarquons cependant que la condition rigoureuse de ne chercher qu'à remplir les convenances d'utilité, ne peut encore préciser tellement l'arrangement de toutes les parties d'un édifice, leurs dimensions, leurs formes et leurs proportions, qu'il n'y ait encore beaucoup d'incertitude dans la manière de les arrêter. Il faut d'ailleurs ne pas choquer les yeux; cette condition, quoique subor-

donnée aux autres, n'en est cependant pas moins nécessaire à remplir. C'est ici que l'architecte doit être guidé par un certain tact ou sentiment des convenances, désigné dans les arts sous le nom de *bon goût*, et qui n'indique autre chose que discernement et finesse de jugement. Aucune qualité n'est plus indispensable à un architecte; il doit tout faire pour l'obtenir. L'habitude d'observer, jointe à la justesse du raisonnement, forme le bon goût; l'exercice du dessin, l'étude des monumens antiques, sont encore des moyens très-propres à le développer. Cette étude nous offre aussi le moyen de mettre à profit l'expérience qui nous manque d'une foule de siècles passés : mais elle doit être guidée par le raisonnement, pour distinguer parmi tous les détails qu'elle nous présente, ceux qu'on doit adopter ou rejeter, et ceux que la force de l'habitude nous oblige de tolérer.

Le bon goût seul peut fixer les idées trop vagues que la seule considération de la nature des choses nous donnerait relativement aux formes et aux proportions de toutes les parties des édifices; mais les règles qu'il prescrit dans la composition, sont très-difficiles à établir d'une manière certaine. La différence des mœurs et des usages, l'influence du climat, la nature des matériaux, tout concourt à faire varier le bon goût chez les différentes nations. Il est à croire que l'esprit d'analyse et de raisonnement auquel nous ont conduits l'état actuel de la civilisation et le système d'étude moderne, exercera de plus en plus une heureuse influence sur le bon goût en architecture.

Nous ne ferons connaître ici que quelques-unes des observations les plus essentielles sur les règles du bon goût ; mais comme elles dérivent pour la plupart de la manière dont il faut entendre les convenances générales, nous examinerons en détail chacune de ces convenances.

La solidité exige que les matériaux que l'on doit employer à la construction d'un édifice, soient de bonne qualité et répartis avec intelligence; que cet édifice repose sur de bons fondemens; que ses principaux soutiens soient en nombre suffisant, posés verticalement pour avoir plus de force, et placés à des distances égales, afin que chacun d'eux soutienne une égale portion de fardeau ; que les vides se trouvent sur les vides, et les pleins sur les pleins; que les murs de refend, destinés, non-seulement à diviser les édifices, mais encore à relier entre eux les murs de face, s'étendent dans toute la longueur ou la largeur de ces édifices ; ou que si l'on est obligé de les interrompre, on ait soin de suppléer à cette réunion, dans la partie supérieure, par des arcs ou par des poutres ; que, par la même raison, s'il y a des colonnes à l'extérieur de l'édifice, chaque mur de refend corresponde à l'une d'elles, &c. : en un mot, il faut que toutes les parties de l'édifice s'enchaînent et se lient mutuellement de manière à détruire ou à contre-balancer tous les efforts et toutes les poussées. SOLIDITÉ.

Telles sont les conditions qu'impose la solidité. Mais il ne suffit pas qu'un édifice soit réellement solide, il faut aussi qu'il le paraisse : il serait ridicule, en effet, d'affecter une hardiesse de construction

qui ne fût pas exigée par la nécessité. Si le manque de solidité est vicieux, pourquoi faire ostentation de ce qui est vicieux ! pourquoi vouloir faire perdre à l'édifice l'avantage de paraître solide, s'il l'est effectivement !

L'affectation d'une solidité excessive n'est pas moins blâmable : outre qu'elle est le plus souvent contraire à l'économie, elle rend inutilement les édifices lourds, sans grâce ni élégance.

Le bon goût peut seul guider dans l'obligation de ne faire les édifices ni trop massifs ni trop grêles, selon l'espèce de physionomie ou le caractère qu'ils doivent emprunter de l'usage auquel on les destine. C'est sur-tout dans la manière de remplir cette convenance que l'architecte pourra faire juger de la délicatesse de son tact.

Pour l'architecture militaire, dont le caractère distinctif semble être la force, l'apparence d'une grande de solidité convient assez bien. La grandeur linéaire des masses, la simplicité même des moyens de construction, l'échantillon des pierres, leur couleur foncée, un appareil à refend ou à bossage, &c. contribuent à imprimer aux édifices un caractère de solidité et de force. On donne assez ordinairement cette expression, dans l'architecture civile, au rez-de-chaussée ou au socle des édifices, pour rassurer l'œil sur la stabilité de la base et faire ressortir davantage l'élégance et la grâce des parties qui s'élèvent au-dessus.

SALUBRITÉ. Un édifice sera salubre, s'il est placé dans un lieu sain et bien aéré ; si le pavé en est élevé au-dessus du sol et garanti de l'humidité ; si des murs remplissent

l'intervalle des soutiens qui en composent l'ossature et défendent de la chaleur et du froid la partie intérieure; si les murs sont percés d'ouvertures capables de laisser pénétrer l'air et la lumière; si toutes les ouvertures pratiquées dans les murs intérieurs, en se correspondant, correspondent aussi aux ouvertures extérieures, pour faciliter à l'air le moyen de se renouveler; si une couverture le met à l'abri de la pluie et du soleil, de manière que l'extrémité de cette couverture, s'avançant au-delà des murs, en éloigne les eaux; et s'il se trouve exposé, soit au midi dans les pays froids, soit au nord dans les pays chauds.

De ces conditions résultent même quelques effets qui contribuent à augmenter les beautés de la décoration architectonique. L'élévation du sol est favorable à l'effet de grandeur et de majesté. Le vide des portes et des fenêtres diminue la monotonie des grandes surfaces que présenteraient les murs, et répand de la variété dans l'aspect de l'édifice. Trop de vide serait cependant contraire à la solidité réelle ou apparente : ce n'est que le bon goût qui peut nous guider encore dans ce choix.

COMMODITÉ.

On dit qu'un édifice est commode, si l'on y trouve tout ce qui est utile; si l'arrangement de toutes ses parties est dans le rapport le plus exact avec sa destination; si des dégagemens et des communications libres et multipliées permettent une circulation facile, condition qui devient plus importante encore dans les édifices où doivent se trouver réunis un grand nombre d'hommes.

La vue d'un édifice commode nous frappe tou-

jours agréablement, en réveillant en nous l'idée d'une sorte de bien-être.

ÉCONOMIE. L'économie exige que le polygone que doit occuper un édifice, soit le plus simple possible, pour diminuer le contour des murs; ainsi le cercle, le carré et le rectangle peu alongé, offrant, à égalité de surface, moins de développement que toute autre figure, sont en général préférés dans la composition des édifices.

C'est sur-tout dans l'art d'employer convenablement les matériaux que consiste la véritable économie. Ainsi toutes les parties d'un mur ne fatiguent pas également; il en est sur lesquelles se reporte toute la charge des planchers, des voûtes et des combles, ou qui sont susceptibles d'être ébranlées par différentes percussions, telles que les angles, les pieds-droits des portes, des croisées et des arcades; d'autres, telles que les chaînes horizontales, qui doivent relier toutes les parties entre elles: il faut donc employer pour celles qui doivent supporter les plus grands efforts, les matériaux les plus résistans ou les plus chers, et réserver pour les autres, les matériaux les moins coûteux; de là naissent les pilastres, les contre-forts, les plinthes, les corniches, &c.

L'apparence qui résulte alors de l'emploi des matériaux, de leur forme, de leur couleur même, devient une source inépuisable de beautés et de variété; tant il est vrai que le plaisir en architecture naît le plus souvent de la vue de toutes les convenances remplies.

Si l'économie prescrit la plus grande simplicité

dans toutes les choses nécessaires, à plus forte raison rejettera-t-elle tout ce qui serait inutile; et l'on doit remarquer que toute économie qui, en réduisant les premières dépenses de construction, tendrait à altérer la durée d'un édifice ou à en augmenter les réparations, serait une fausse économie.

Cette vérité est évidente, et se trouve applicable sur-tout aux édifices publics : on doit, en effet, n'y connaître qu'une économie bien entendue, qui consiste à ne faire que ce qui est utile, mais aussi à ne rien négliger pour le bien faire. C'est principalement par la solidité que doivent se distinguer ces genres de travaux : il faut que tout ce que fait un gouvernement s'annonce comme durable; tout caractère opposé l'accuse ou d'imprévoyance ou d'impuissance : les édifices qu'il élève deviennent en quelque sorte la mesure de sa force et de son génie ; ces édifices représentent la nation elle-même, en tant qu'ils attestent le degré de goût, de richesse, de capacité où elle est parvenue. Il faut donc que les ingénieurs chargés spécialement des constructions publiques reconnaissent toute l'importance morale de leurs fonctions, et cherchent à imprimer à tous leurs ouvrages un certain caractère monumental.

Ce n'est certainement pas qu'une grande dépense soit toujours nécessaire pour y arriver ; l'art et le goût peuvent y suppléer. Un édifice peut être grandiose, quoique construit sur un petit emplacement ; il peut être riche et noble avec épargne : l'ingénieur trouvera toujours dans la destination de l'édifice qu'il est chargé de construire,

de quoi lui imprimer son caractère spécial, marquer son importance et le degré de considération qu'il mérite.

Les convenances dont on vient de parler, comprennent les avantages généraux que doivent présenter tous les édifices ; on pourrait les appeler *convenances d'utilité :* nous venons de faire entrevoir de combien de beautés elles peuvent être la source, lorsque le bon goût dirige l'architecte dans la manière de les remplir. Il est encore d'autres convenances qui dérivent plus ou moins directement des premières, et qui contribuent sur-tout à la décoration architectonique ou qui sont propres à satisfaire la vue; on pourrait les appeler *convenances de goût :* telles sont la simplicité, la régularité et la symétrie, l'unité, l'harmonie des formes et des proportions.

SIMPLICITÉ. La simplicité, qui dérive immédiatement de l'économie, est contraire à l'inutile profusion et à la confusion. Ainsi, quelles que soient les idées de grandeur et de magnificence que puisse faire naître l'aspect d'un édifice, il sera doué de simplicité, si rien de superflu ne se fait remarquer; si tout ce qui est utile se présente avec clarté; si toutes les parties qui doivent être aperçues en même temps, résultent du plus petit nombre de divisions possible; si enfin toutes ces divisions, marquées d'ailleurs par les convenances, présentent des masses fortes et bien prononcées.

Cette réserve dans la division des parties est le seul moyen de donner aux édifices ce caractère imposant qui frappe, qui étonne et qui commande l'admiration. Les détails trop rapprochés

fatiguent, confondent l'imagination, et affaiblissent les sensations en les multipliant.

Deux choses contribuent sur-tout à donner aux édifices le caractère d'une noble simplicité: 1.° la continuité des lignes; 2.° les repos, c'est-à-dire, l'intromission de grandes parties lisses entre celles qui sont ornées.

La continuité des lignes exige qu'aucune partie des formes et des alignemens d'un édifice ne soit interrompue ou brisée par d'autres; que toutes ces parties s'enchaînent et se correspondent avec un accord parfait dans des plans horizontaux et verticaux prolongés indéfiniment. Cette condition favorise non-seulement la simplicité et l'économie, mais elle s'accorde encore très-bien avec la solidité et la *régularité*.

L'emploi des repos, ou l'intromission des parties lisses entre les ornemens, est sur-tout nécessaire pour éviter la confusion qui fatigue l'œil et l'empêche de saisir les beautés de détail. Les oppositions qui en résultent entre les parties ornées et celles qui ne le sont pas, font valoir les premières, et leur permettent alors de produire tout l'effet dont elles sont susceptibles.

RÉGULARITÉ ET SYMÉTRIE.

La regularité et la symétrie exigent que toutes les parties d'un édifice se trouvent divisées avec ordre et d'une manière distincte; qu'elles soient bien alignées; que les espacemens soient exacts et réguliers; que les objets superposés se trouvent sur les mêmes lignes verticales; que l'on place au milieu d'une façade l'objet le plus apparent, soit par sa grandeur, soit par sa richesse; que les autres parties, distribuées

des deux côtés, se correspondent exactement, soit par le même éloignement du centre, soit par les mêmes formes, soit enfin par les mêmes dimensions.

L'œil aime à retrouver de la régularité et de la symétrie jusque dans les constructions les plus simples : à plus forte raison doit-on y satisfaire dans les édifices importans, d'autant que ces convenances contribuent presque toujours à la solidité et à l'économie.

ACCORD, ENSEMBLE, UNITÉ.

L'accord, l'ensemble, l'unité, exigent que, dans un même édifice, les dimensions de chacune de ses parties, leurs formes, leurs proportions, et jusqu'aux ornemens même, conservent entre eux et avec la masse la même relation, le même style, et contribuent enfin, d'un commun accord, à donner à cet édifice le caractère qui dérive de l'usage auquel il est destiné.

Cet accord de motifs dans le plan, l'ensemble, la décoration et le style, qui fait d'un édifice comme un seul être, peut être regardé comme la perfection de l'art. Lors même que l'architecte, maître absolu de ses inventions, peut disposer en créateur de la masse et des détails de son édifice, il est encore très-rare qu'il y imprime ce caractère d'ensemble que la nature présente dans toutes ses œuvres, et dont l'art a tant de peine à lui dérober le secret : il faut un goût bien exercé pour arriver à ce résultat.

HARMONIE DES FORMES ET DES PROPORTIONS.

C'est sur-tout à l'harmonie des formes et des proportions, qui contribue si puissamment à l'unité, que sont attachées la plupart des beautés de l'architecture ; elles peuvent briller également sous l'enveloppe des matériaux de la moindre valeur,

comme sous les revêtemens des marbres et des métaux les plus rares. Mais il règne dans cette partie de la composition trop de vague et d'incertitude, pour fixer les règles, qui ne dépendent uniquement que du bon goût : le beau essentiel en architecture ne pouvant pas être déterminé d'une manière précise, il en résulte nécessairement qu'il y a beaucoup d'arbitraire dans ceux de ses principes qui restent subordonnés au sens de la vue.

Il faut voir, examiner et comparer des édifices déjà construits ; essayer beaucoup de combinaisons ; faire des dessins de ses idées sur une grande échelle, ou même de grandeur naturelle, s'il est possible, afin de mieux juger de l'effet. Ce n'est que par ce moyen qu'on pourra se former le coup d'œil et le goût, et parvenir à arrêter des proportions et des formes agréables pour les différens détails qui doivent entrer dans la composition des projets.

Plusieurs formes et proportions résultent quelquefois de l'emploi des matériaux qui servent à construire les édifices, et de l'usage des objets à la construction desquels ils sont employés ; d'autres sont amenées par les convenances même d'utilité, convenances cependant dont le bon goût est appelé encore à tracer les limites. Pour les ordres, par exemple, M. Durand s'exprime ainsi :

« Dans les édifices particuliers de la dernière classe, dont la dépense est toujours limitée, si les convenances exigent des soutiens isolés, on les fera naturellement avec les matières les moins chères ; c'est-à-dire, avec celles qui résistent le moins. Pour en diminuer le nombre, on les écar-

tera le plus qu'il sera possible les uns des autres, afin de pouvoir, par cette économie, observer les autres convenances. Il ne faut cependant pas que la solidité souffre trop d'un tel arrangement. Pour cela, on fera ces soutiens très-courts, afin d'en augmenter la force; et, par la même raison, peut-être les fera-t-on carrés, au lieu de leur donner une forme ronde.

» Ces soutiens ainsi espacés, soit colonnes, soit pilastres, exigeront que l'architrave qui les relie ait plus de hauteur que s'ils étaient moins éloignés, afin qu'ils ne soient pas dans le cas de se rompre; et la frise, destinée qu'elle est à relier les colonnes avec le mur, comme l'architrave relie les colonnes entre elles, aura une hauteur égale à celle de cette architrave. Quant à la corniche, pour qu'elle soit solide, il faut qu'elle ait une saillie égale à sa hauteur, et que l'une et l'autre soient proportionnées à l'élévation de l'édifice que cette corniche doit défendre des eaux qui tombent du toit; et comme, dans ce premier cas, l'édifice est peu élevé, on peut donner à la corniche une hauteur moindre que celle de la frise ou de l'architrave.

» Au contraire, dans ceux des édifices publics qui sont les plus importans, où, à quelque prix que ce soit, on ne doit négliger aucune des convenances, et où la durée est une condition dictée, non-seulement par ces convenances, mais encore par l'économie, vu qu'il n'y a aucune économie à recommencer de pareils édifices, on emploiera les matériaux qui opposent le plus de résistance, et, dans un espace donné, on multipliera les sou-

tiens le plus qu'on pourra ; alors on leur donnera une forme plus élégante, et, pour faciliter le passage entre les soutiens serrés, on les fera cylindriques. Le peu d'espace qui les séparera, engagera naturellement à faire les architraves ainsi que les frises moins hautes, et l'édifice, ayant une grande élévation, exigera que la corniche, pour rejeter les eaux plus loin, ait plus de saillie, et par conséquent une hauteur plus considérable que la frise ou l'architrave.

» On doit donc, suivant le cas, faire des colonnes tantôt courtes, tantôt longues. Mais il est certaines limites qu'on ne saurait franchir : trop longues, les colonnes n'auraient pas assez de solidité ; les faire trop courtes serait donner dans un excès contraire. »

C'est donc encore au bon goût à éclairer l'architecte sur le point où il doit se fixer entre ces limites, qui embrassent une foule de classes intermédiaires comprises dans les cinq divisions principales des ordres toscan, dorique, ionique, corinthien et composite. Ainsi l'on a reconnu que le soutien le plus court ne devait pas avoir en hauteur moins de six diamètres, et que le plus élevé n'en devait pas avoir plus de dix ; que la hauteur de l'entablement le plus fort ne devait pas être de plus du tiers de la colonne, et celle du plus bas de moins du cinquième ; que l'entre-colonnement le plus large ne pouvait pas avoir plus de trois diamètres et demi, et le plus étroit moins d'un diamètre et demi, &c.

Nous avons examiné les principales règles que

prescrit le bon goût dans la manière de remplir les convenances les plus générales. Il y a encore en architecture plusieurs usages reçus, auxquels l'habitude a donné, pour ainsi dire, force de loi. Tel est l'emploi des moulures, dont le choix constitue ce qu'on appelle *l'art de profiler*. Cet art se réduit à donner aux assemblages de moulures des mouvemens bien prononcés, de marier avec intelligence les moulures droites aux moulures courbes; d'opposer enfin les moulures fines et déliées aux moulures fortes.

L'architecture admet encore plusieurs moyens accessoires de décoration, tels que la peinture et la sculpture, le mélange des effets de l'art à ceux de la nature.

Quoi de plus propre, en effet, à parler à l'ame, que ces sublimes peintures dont les murs des temples anciens étaient couverts, que ces superbes bas-reliefs dont la frise et le fronton étaient ornés! Quoi de plus imposant que les statues des dieux qui s'élevaient sur le faîte de ces temples, et de plus majestueux que les bois sacrés qui en ombrageaient les parvis!

Tous ces moyens accessoires doivent d'ailleurs être amenés par les convenances, l'usage, le but et le caractère de l'édifice où l'on désire les appliquer: on doit en effet se rappeler toujours que l'architecture est un art de besoin, et que l'agrément ne doit y paraître que motivé par la nécessité.

En rapprochant les uns des autres les édifices qui ont entre eux des rapports, de manière à en former un ensemble, on parvient encore, sans plus de dé-

pense, à augmenter la magnificence des spectacles que l'architecture peut offrir.

Des Élévations des Édifices.

Les préceptes du bon goût s'appliquent également à toutes les parties d'un édifice; mais comme c'est sur-tout à son apparence ou à sa façade, qui en est comme la physionomie, que l'œil s'arrête le plus naturellement, c'est aussi vers cette partie que les architectes dirigent tous leurs efforts, afin de captiver l'attention du spectateur.

L'élévation n'est évidemment qu'une conséquence obligée des dispositions horizontales et verticales indiquées par le plan et par la coupe, et auxquelles les convenances ont amené l'architecte : ainsi, vouloir donner à un édifice un aspect différent de celui qui résulte en quelque sorte de sa constitution, ce serait un contre-sens des plus choquans; ce serait confondre tous les caractères et finir ainsi par n'en conserver aucun. L'architecte ne peut donc que prévoir, dans la disposition, l'effet qui doit en résulter pour l'élévation, et aider à cet effet par son goût. Plusieurs observations peuvent l'y conduire.

La solidité réelle et apparente exige que les parties basses des édifices, ayant à supporter toute la charge des étages supérieurs, présentent l'aspect d'une plus grande force et soient moins évidées que les parties supérieures. Cette règle paraît évidente; cependant, combien ne voit-on pas d'édifices

qui, au rez-de-chaussée, présentent des ouvertures très-grandes et très-rapprochées, tandis que les divers étages ne sont percés que de petites fenêtres!

L'apparence de solidité exige encore que les vides d'une façade ne soient ni trop grands ni trop multipliés. On a trouvé que dans les monumens antiques qui faisaient le plus bel effet, les vides des façades n'en occupaient pas en superficie plus de la septième partie, et pas moins de la neuvième.

Des fenêtres d'une médiocre grandeur, comparativement à la hauteur des étages, et largement espacées, donnent à la masse un aspect grave et sévère.

On doit sur-tout éviter d'affaiblir les angles des édifices en plaçant des fenêtres trop près d'eux.

L'irrégularité dans les espacemens des fenêtres n'est tolérable que lorsqu'elle est motivée par des raisons majeures, évidentes et inévitables.

La simplicité est une des convenances qui contribuent sur-tout à donner aux édifices un caractère noble et imposant. De grandes masses peu divisées et des divisions bien marquées, des lignes continues, des corniches saillantes et d'un profil vigoureux, &c., permettant à l'œil d'embrasser à-la-fois le rapport de toutes les parties, l'édifice nous apparaît tout entier; il nous semble plus considérable qu'il ne l'est réellement, et il se présente ainsi avec tout le grandiose dont il est susceptible.

Les façades des édifices n'ont souvent d'autre décoration que celle qui résulte de l'apparence de

la construction, des chaînes horizontales et verticales, et du vide des portes et des fenêtres. Dans tous les cas, on ne doit pas oublier qu'une belle exécution est un des meilleurs moyens d'assurer le bon effet d'un édifice : le défaut contraire peut détruire les dispositions les plus belles et les mieux conçues. On doit donc mettre tous ses soins à satisfaire à cette condition importante, qui s'accorde si bien d'ailleurs avec la solidité.

Lorsqu'une façade a une grande étendue en ligne droite, les avant-corps produisent une variété agréable, et servent en même temps de contre-forts pour augmenter la stabilité de l'édifice. On sait, en effet, que de tous les murs, le plus faible est celui qui est disposé sur une seule ligne droite, sans être relié avec d'autres murs. L'usage des avant-corps résulte du bon effet que produisent ordinairement les pavillons dans une façade d'une certaine longueur; ils indiquent comme autant de petits bâtimens détachés du corps de logis principal, et répandent ainsi de la variété dans l'aspect de l'édifice. Les avant-corps doivent être proportionnés, en nombre et en grandeur, à l'étendue de la façade; la simplicité exige qu'ils ne soient point trop multipliés. Pour faire tout leur effet, ils doivent se rapprocher autant que possible de leur forme primitive, et avoir une saillie bien prononcée; mais il faut alors que les convenances exigent l'augmentation de capacité intérieure et de dépense qui devra en résulter.

Dans les édifices où l'on fait quelques frais pour la décoration, on peut figurer des ordres d'architec-

ture, en remplaçant les chaînes verticales par des pilastres et les chaînes horizontales par l'architrave, la frise et la corniche; mais il est indispensable de ne point s'écarter de la destination primitive de ces chaînes par des mutilations et des coupures.

Les ordres employés comme élémens des édifices, c'est-à-dire, détachés des murs pour fournir des points d'appui isolés ou pour former des péristyles, produisent un effet bien autrement grandiose que lorsqu'ils sont plaqués contre des murs, parce qu'alors leur utilité devient évidente, et qu'en architecture ce n'est que sous cette apparence que doivent se présenter les objets qui n'auraient même d'autre but que de plaire.

La vigueur des ombres qui se projettent derrière les colonnes et qui les détachent fortement du fond, ajoute aussi à l'effet des péristyles: on en a une preuve évidente, si l'on compare le dessin d'un édifice à colonnes vigoureusement ombré, à l'édifice même; on trouvera que le dessin produit presque toujours un effet plus agréable. Le même édifice, vu la nuit au clair de la lune, plaira plus que vu de jour.

Les arcades font, par la même raison, un bon effet dans une façade; elles conviennent particulièrement aux édifices qui exigent un caractère fort et simple à-la-fois. Il semble par suite qu'on ne devrait pas contrarier cette idée de force en remplaçant les pieds-droits par des colonnes, qui, bien qu'également résistantes, ne présentent cependant pas le même degré de solidité apparente.

Les ouvrages de sculpture appliqués aux façades

des édifices ajoutent encore beaucoup à l'éclat et à l'effet de la décoration architectonique : les attributs offrent sur-tout une manière charmante d'écrire la destination d'un édifice et d'en faire connaître l'usage et l'emploi ; ils pourraient suppléer au moins, en quelque sorte, au caractère qui devrait résulter de la disposition.

L'économie exige qu'on emploie les ouvrages de sculpture avec réserve, et de manière qu'ils ne diminuent en rien la majesté et le grandiose d'une noble simplicité.

§. II.

DES CONVENANCES DANS LES CASERNES D'INFANTERIE.

Le premier soin d'un architecte pour établir un édifice quelconque, doit être de rechercher d'abord toutes les convenances particulières de cet édifice, de l'examiner avec attention dans tous ses détails, de bien se pénétrer du but qu'il doit remplir et de l'usage auquel il est destiné, afin de ne rien omettre de ce qui est utile, et de tout disposer de la manière la plus convenable. Étudions sous ce point de vue les casernes d'infanterie.

Le casernement est soumis à des réglemens qui résultent de la formation des troupes en ordre de bataille, sur laquelle il est bon de jeter un coup d'œil.

Le bataillon peut être considéré comme l'unité de force dans l'infanterie : il se divise en compa-

gnies, et chaque compagnie en deux sections commandées, chacune, par un lieutenant ou un sous-lieutenant : le capitaine exerce un commandement supérieur sur les deux sections, comme le chef de bataillon sur toutes les compagnies.

Pour le détail et le service intérieur de ces sections, chacune d'elles est encore partagée en deux subdivisions commandées par un sergent, et chaque subdivision en deux escouades commandées par un caporal; la section se trouve donc formée de quatre escouades et quatre caporaux, ou de deux subdivisions et deux sergens; la compagnie comprend alors huit caporaux et quatre sergens : on y ajoute encore un sergent-major et un fourrier, qui sont chargés particulièrement du détail de l'administration.

Telle est la formation des troupes d'infanterie ; elle est fort ancienne et n'a guère éprouvé de variation que dans le nombre d'hommes qui composent chacune des escouades, et dans le nombre des compagnies de chaque bataillon. D'après les dernières ordonnances, le bataillon reste formé de huit compagnies ; et dans chaque compagnie l'escouade est de huit à neuf hommes.

Divisions du casernement.

Il est établi en principe que, dans quelque circonstance que les troupes puissent se trouver, soit pour combattre, pour agir ou pour se loger, la formation doit toujours rester la même.

Cette règle est trop avantageuse à la police, à la discipline et à l'administration, pour qu'on ne doive pas l'adopter aussi comme base fondamentale dans le casernement. Tous les réglemens disent d'ailleurs formellement que le logement de chaque régiment ou bataillon, soit qu'on l'établisse dans des casernes ou maisons séparées, soit qu'on le prenne chez l'habitant, sera toujours assis selon l'ordre de bataille des compagnies, et qu'il sera établi en conséquence de la formation par escouade, subdivision et section.

On se convaincra sur-tout de la nécessité de cette condition en examinant la manière dont les parties de chaque compagnie doivent se lier entre elles, et les devoirs auxquels les officiers, sous-officiers et soldats sont astreints pour le service intérieur des casernes.

Le caporal fait exécuter les ordres qui lui sont transmis et répond particulièrement de son escouade; c'est lui qui veille directement à la propreté de la chambrée, à l'ordre et aux soins dans l'habillement, l'équipement et l'armement; il est chargé de l'ordinaire de son escouade: par ces raisons, il loge avec les hommes qui la composent.

Le sergent surveille les deux escouades de sa

subdivision, et a l'œil principalement sur les caporaux; c'est lui qui dirige, sous le chef de section, tous les détails intérieurs des chambrées, et qui veille à la conservation et à la tenue des effets d'habillement, des armes et des buffleteries; il inspecte tous les hommes commandés pour le service armé et les réunit à l'heure prescrite, &c.

Les devoirs des sergens exigent qu'ils restent le plus près possible de leur subdivision; et comme le caporal loge avec les soldats et que son autorité suffit pour les surveiller habituellement, le sergent peut avoir un logement séparé. On accorde ordinairement une chambre pour les sergens d'une même compagnie. En séparant ainsi les sergens des soldats, les premiers conserveront plus facilement leur autorité. Des raisons d'ordre, de police et d'administration, doivent engager d'ailleurs à ne pas loger dans la même chambre d'autres sergens que ceux d'une même compagnie.

Le sergent-major commande les caporaux et les sergens pour tout ce qui est relatif au service, à l'instruction et à la comptabilité : c'est lui qui inscrit tous les achats, retenues, mutations, réparations et recettes d'habillement, d'équipement, d'armement, de linge et chaussure de la compagnie; il tient note des punitions, congés, lettres et sommes remises par le vaguemestre; il reçoit les appels faits dans les chambrées par les caporaux, &c.

Le fourrier est aux ordres immédiats du sergent-major; il tient sous sa direction tous les registres et tous les élémens de la comptabilité; il fait faire

les distributions de subsistances et autres ; il tient le livre d'ordres, surveille particulièrement le détail du casernement, pour les fournitures de lits, ustensiles, &c.

Les rapports de service qui unissent le sergent-major et le fourrier, exigent qu'ils soient logés ensemble ; leurs devoirs envers la compagnie exigent également qu'ils soient à portée des escouades, subdivisions et sections ; et en conséquence, ils doivent être placés au centre de leur compagnie.

L'officier de section est chargé de l'entretien de l'habillement, des armes, du grand et du petit équipement ; il veille à ce que les sergens chefs de subdivision et les caporaux chefs d'escouade remplissent exactement leurs devoirs ; tous les jours il visite les chambrées, afin de s'assurer par lui même de la tenue des chambres, de l'arrangement des effets, des armes, &c. ; il apporte un soin particulier à l'ordinaire.

Le capitaine est responsable de la discipline et de la tenue de sa compagnie ; il l'est également des parties de l'instruction qui doivent s'enseigner dans les chambres, telles que les règles de discipline, de tenue et du service intérieur, les dispositions du code pénal, &c. ; il surveille, dans l'exécution de leurs devoirs, les chefs de section, de subdivision et d'escouade, ainsi que le sergent-major et le fourrier, dont il règle la comptabilité ; il visite tous les jours sa compagnie, et l'inspecte souvent dans toutes ses parties.

Ces détails font sentir combien il est avantageux pour la commodité, l'ordre, la régularité

et la simplicité du service, de conserver dans le casernement les divisions par compagnie, de manière que les capitaines aient tous leurs hommes réunis, et que chacune des divisions de la compagnie soit distincte, afin que les chefs respectifs de ces divisions puissent exercer une surveillance facile, bien marquée, et qui ne se partage pas irrégulièrement.

Ces avantages sont si réels, que bien des chefs de corps, dans un grand nombre de circonstances, au lieu de calculer la contenance des casernes par le nombre de lits qu'on peut y mettre rigoureusement, n'évaluent cette contenance que d'après le partage régulier des divisions de la compagnie, en n'occupant pas dans quelques chambres les lits qui seraient en trop. Dans les casernes neuves, ou dans de nouvelles distributions d'anciennes casernes, on doit donc avoir égard à cette première condition, qui sert aussi de base dans le campement des troupes.

Communications.

Les communications qui, dans le casernement, doivent lier entre elles toutes les divisions, exigent une attention toute particulière. C'est sur-tout d'après le plus ou le moins de facilité et de commodité de ces communications, que l'on peut juger du degré de perfection d'un projet de caserne : en effet, le grand nombre d'hommes qui doivent habiter ces édifices, les accidens qui peuvent naître d'un incendie, la surveillance continuelle que les chefs sont obligés d'exercer,

rendent cette condition extrêmement importante. Cette surveillance d'ailleurs n'est pas limitée à celle des officiers et sous-officiers de chaque compagnie; d'autres chefs viennent encore faire des inspections fréquentes dans les casernes : ainsi les chefs de bataillon surveillent journellement les chambres de leur bataillon.

Le major y fait aussi ses revues d'habillement, d'équipement et d'armement.

Le lieutenant-colonel et le colonel surveillent également tous les détails du casernement.

Les officiers, de service chaque semaine, pour la police, les exercices, les corvées, &c., exercent encore journellement une surveillance active dans les casernes, et s'assurent si les chefs de section remplissent leurs devoirs.

L'adjudant-major de service assiste aux appels, et fait des contre-appels, s'il le juge nécessaire.

Le chirurgien-major visite tous les jours le quartier, pour examiner les soldats qui ont besoin de son secours, observer la qualité des alimens et ce qui intéresse la salubrité des chambres.

Indépendamment de l'inspection des armes faite par les officiers des compagnies, l'officier chargé de l'armement fait encore avec l'armurier des visites fréquentes et détaillées des fusils, pour en examiner les canons, platines, &c.

Tous ces détails peuvent donner une idée de l'avantage d'avoir dans les casernes des communications larges, faciles et commodes.

Il est essentiel aussi de conserver au débouché des escaliers, des vestibules ou des galeries où les

hommes commandés séparément dans chaque chambrée pour les gardes, les détachemens, les corvées, les distributions, &c., puissent se réunir à couvert. C'est d'ailleurs au débouché des escaliers qu'il y a toujours le plus d'encombrement de monde, et que par suite il faut le plus d'espace libre.

La largeur des escaliers doit être proportionnée au nombre d'hommes auxquels ils doivent servir ; il est bon de les disposer de telle manière, que, quand on bat le rappel, tous les soldats puissent arriver presque en même temps sur la ligne de bataille.

Détails intérieurs.

Après avoir déduit de la nature même des choses la disposition générale que doit présenter le casernement des troupes, examinons le détail du logement des soldats dans chaque escouade.

D'après la dernière ordonnance sur la composition des régimens d'infanterie, le cadre de chaque compagnie est composé, comme nous l'avons dit, de trois officiers, un capitaine, un lieutenant et un sous-lieutenant ; de six sous-officiers ; un sergent-major, quatre sergens et un fourrier ; et enfin de huit caporaux. Le nombre des soldats, au complet, est de soixante-six, dont deux tambours ou cornets ; ce qui fait huit à neuf hommes par escouade.

Il est difficile de compter toujours sur des escouades d'égale force, à cause des recrues que peuvent recevoir les régimens. D'un autre côté, il

y a souvent des soldats absens, soit qu'ils se trouvent aux hôpitaux, en permission ou en congé. Mais, comme il convient cependant de poser une base qui s'éloigne le moins possible du cas le plus général, nous fixerons la force de chaque escouade à dix hommes, y compris le caporal; ce qui supposerait soixante-douze soldats dans chaque compagnie.

Quel que soit au reste le nombre d'hommes qu'on adopte pour l'escouade, il ne sera bientôt plus en rapport avec l'effectif de chacun des corps qui viendront habiter successivement la même caserne; mais en se tenant au-dessus du complet prescrit par les réglemens, on pourra espérer d'obtenir encore un casernement régulier, en supprimant temporairement quelques lits dans chaque chambrée, ou en astreignant les chefs de corps à répartir dans les compagnies les plus faibles quelques-uns des hommes des compagnies les plus fortes, de la même manière qu'on met en subsistance dans tel ou tel ordinaire les hommes détachés.

La force de l'escouade étant fixée, les dimensions de la chambre où elle doit loger en résultent, eu égard encore aux dimensions des lits, effets d'ameublement, &c.

Il y a maintenant deux manières de faire coucher les soldats; celle qui est encore le plus en usage, est de leur donner un lit pour deux : ces lits ont $1^{m}.20$ de large hors œuvre (ceux de la garde royale ont $1^{m}.30$); leur longueur est de $2^{m}.00$. L'intervalle entre chaque lit doit être alors d'envi-

ron $0^{m}.50$, et jamais moins de $0^{m}.30$. Dans les encoignures des chambres, la ruelle doit régner de chaque côté du lit, pour qu'on puisse le faire aisément, et pour la commodité du soldat qui doit coucher près du mur. Pour certaines localités où l'on serait obligé d'économiser l'espace, la ruelle du côté du mur peut cependant être réduite à $0^{m}.10$, afin toujours d'éviter l'humidité : alors le soldat couché de ce côté gagne sa place par le pied du lit.

La tête des lits doit être adossée à un mur ou une cloison. Cette disposition est très-commode pour le soldat, lorsqu'il est couché ; il est alors moins dérangé par ses camarades qui vont et viennent dans la chambre. C'est d'ailleurs à la tête des lits qu'on met les planches à bagages, sur lesquelles les hommes placent leurs effets d'habillement et d'équipement; le mur contre lequel s'appuie le lit, sert alors de soutien à ces planches. Cependant, dans plusieurs bâtimens qui n'ont pas été construits pour casernes, mais que le besoin force de consacrer à cet usage, les chambres peuvent avoir des dimensions telles, que, pour ne pas perdre trop de place, on soit obligé de mettre des lits au milieu de l'allée que forment déjà ceux placés contre les murs : les planches à bagages de ces lits, ainsi isolés de toutes parts, sont alors supportées par des tringles pendantes fixées aux solives du plancher; mais l'ensemble de cette disposition n'a pas une fixité suffisante, et les effets placés sans appui latéral sur ces planches à bagages, sont sujets à tomber. On doit donc, sous tous les rap-

ports, proscrire l'emploi des lits isolés dans un casernement bien entendu.

Depuis quelques années, on a adopté l'usage des couchettes en fer à une place : d'après le nouveau marché des lits militaires, tous les anciens lits en bois et à deux places doivent être remplacés successivement par ces nouvelles couchettes. C'est donc sur ce nouveau mode de couchage que doit être réglée maintenant la capacité des casernes.

Après plusieurs essais, on a arrêté que la largeur des lits en fer à une place serait de $0^{m}.75$ [28 pouces], et leur longueur de $2^{m}.00$. La membrure n'a que $0^{m}.16$ de hauteur au-dessus du sol, et les lits, y compris les fournitures, n'auront que $0^{m}30$ ou $0^{m}.40$ au plus d'élévation; c'est-à-dire qu'ils ne seront pas plus élevés qu'un banc ou une chaise.

Cette faible élévation a été adoptée par des raisons d'économie, et afin de pouvoir réduire les ruelles de ces lits à $0^{m}.25$ ou 9 pouces environ ; alors en effet le corps ne se trouvant pas engagé entre ces lits, mais seulement les jambes, la ruelle est encore assez large pour permettre au soldat de faire son lit. Par ce moyen, on perdra moins de place dans les casernes, chaque homme n'occupant ainsi avec son lit et sa ruelle qu'un mètre de large. Enfin, on peut encore accoupler les lits à une place en laissant $0^{m}.10$ entre les lits d'un même couple, et $0^{m}.50$ entre ceux de chaque couple ; un homme occuperait encore environ un mètre : dans les anciens lits à deux places, on comptait $0^{m}.85$ pour chaque homme.

Les nouveaux lits en fer à une place sont très-

avantageux pour le soldat ; et il est à desirer que l'usage en devienne bientôt général. Ils ont l'inconvénient cependant d'être trop près du sol, disposition contraire à la salubrité et à la propreté ; on ne pourra balayer sous ces lits qu'en les dérangeant de place, manœuvre qui, répétée tous les jours, sera très-nuisible à leur conservation, et sur-tout à celle des planchers ou carrelages. Quoi qu'il en soit, ce mode de couchage étant maintenant adopté, c'est sur lui qu'il convient de baser la grandeur des chambres dans les nouvelles casernes.

La tablette à la tête des lits doit avoir $0^{m}.32$ de largeur : elle règne au-dessus des lits et de leur intervalle, et se trouve fixée à 2 mètres du sol, afin que le soldat puisse y atteindre facilement.

Entre l'espace qui sépare deux lits, sont scellées dans le mur, et à $1^{m}.75$ du sol, deux chevilles ou crochets de fer pour porter le sabre et la giberne de chaque soldat.

Des clous à crochet sont fixés à la tête des lits pour y suspendre les souliers, la semelle en dehors.

Cet emplacement des souliers est peu convenable, quoique prescrit par les réglemens et en usage presque par-tout : les hommes, en effet, ont près de leur tête une odeur désagréable, et ils sont exposés, lorsqu'ils sont couchés, à ce que ces souliers leur tombent sur la figure. *Il* serait sans doute préférable de mettre les souliers sur la planche à bagage supérieure. On objecte à cela qu'on ne pourrait voir, sans être obligé de les re-

tourner, si le nombre de clous, dont ils doivent être garnis est toujours au complet; mais le soldat n'en aurait qu'un inconvénient de moins. D'ailleurs, si l'on tient tant à cette petite convenance, pourquoi ne pas adopter l'usage de mettre les sabres et les gibernes à un râtelier commun, comme on le fait déjà pour les fusils, et d'accrocher alors les souliers entre les lits, et non au-dessus de la tête des hommes!

Les fusils sont placés à un râtelier élevé d'un mètre au-dessus du sol, et établi de manière à tenir les armes dans une position à peu près verticale. Chaque râtelier d'armes doit contenir dix fusils par mètre courant

Lorsqu'on dispose les fusils horizontalement sur des chevilles, on peut en placer dix-sept à la hauteur de $1^{m}.80$: le râtelier occupe ainsi une longueur de $1^{m}.80$. Sur cette même longueur, on pourrait disposer dix-huit fusils dans la position verticale. Ainsi ces deux dispositions ont à peu près le même avantage : celle où les fusils sont verticaux, paraît cependant préférable, comme plus agréable à l'œil.

Le râtelier d'armes se place dans l'endroit le plus apparent de la chambre, et en un lieu où tout les soldats puissent arriver facilement.

M. le chef de bataillon du génie de Pinau proposa, en 1820, d'établir, dans chaque chambre, et suivant les localités, un ou plusieurs faisceaux d'armes semblables à peu près à ceux qu'on établit dans les camps sur le front de bandière.

Chaque faisceau serait composé d'une base élevée

de 1^{m}.00 au-dessus du sol, formée d'un bâti de charpente revêtu en planches; au milieu s'éleverait un poteau pour servir d'appui aux fusils qu'on placerait tout autour. Cette disposition, qui permet de pouvoir transporter le faisceau d'un endroit dans un autre, paraît susceptible d'être utilisée souvent avec avantage.

Le milieu de chaque chambre doit rester libre, autant que possible, afin que les soldats puissent aller et venir, nettoyer leurs armes et leurs effets sans aucun embarras. C'est de l'étendue de cet espace que dépend, sur-tout pour le soldat, la commodité du logement, puisque c'est là seulement qu'il peut agir. Lorsqu'une allée sépare deux rangs de lits placés à droite et à gauche, on lui donne deux mètres de largeur; alors on peut y placer une table avec deux bancs pour l'ordinaire de la chambrée. Mais si l'escouade renfermait plus de dix à douze hommes, ou si l'on voulait réunir deux escouades dans la même chambre, une largeur de deux mètres serait insuffisante; on a reconnu que, dans ce cas, il faudrait lui donner de 2^{m},50 à 3^{m}.00.

Les tables de casernes ont deux mètres de long, de 0^{m},50 à 0^{m}.70 de large, et 0^{m}.70 de haut. Il faut une table pour une chambrée de dix à douze hommes; les soldats mangeant ordinairement trois ou quatre à la même gamelle et debout, chacun d'eux aurait encore, y compris les petits côtés de la table, 40 centimètres courans, ce qui est suffisant.

Il faut réserver dans chaque chambre un endroit où l'on puisse déposer sans embarras quelques

menus objets, tels qu'une cruche à eau, des gamelles, le pot au blanc pour blanchir les buffleteries, et tout ce qui doit servir en commun aux hommes de la chambrée.

Depuis quelques années, on a adopté l'excellent usage de ne plus faire la cuisine dans les chambres; ainsi l'on doit en supprimer les cheminées. Cependant, comme dans quelques départemens l'hiver est trop rude pour se passer de feu dans les chambres, il sera bon, dans ce cas, d'y établir des poêles, qui échauffent mieux et plus également que les cheminées; il faudra se ménager alors le moyen de faire évacuer convenablement la fumée, et conserver un endroit pour y établir les petits dépôts journaliers de bois ou de charbon de terre.

Tous ces détails serviront à déterminer la grandeur de chaque chambre, et permettront de modifier, comme on le jugera convenable, l'arrangement de toutes les parties.

La chambre des sergens est meublée de la même manière que celle des soldats; on y met toujours le double rang de tablettes à la tête des lits, sur un développement proportionné au nombre d'hommes qui doivent habiter la chambrée. Dans celle du sergent-major et du fourrier, le développement des tablettes est égal à celui qui est nécessaire pour vingt hommes environ, afin d'y pouvoir placer les papiers relatifs à la comptabilité et les effets des hommes qui vont aux hôpitaux ou en congé : par la même raison on place dans ces chambres un râtelier d'armes pour dix fusils.

Conditions générales.

Outre les données particulières qui peuvent servir à établir le logement des soldats, il est encore quelques conditions générales auxquelles ce logement doit être soumis. Ainsi, la salubrité, quoique commune à tous les édifices qui doivent être habités, devient encore plus nécessaire pour ceux de ces édifices où, comme dans les casernes, il se trouve un grand nombre d'hommes réunis. On ne doit donc rien négliger pour donner à celles-ci, une exposition convenable, et en éloigner toutes les causes d'humidité et de malpropreté.

Le renouvellement de l'air peut sur-tout assurer la salubrité des casernes, en dissipant les exhalaisons et les odeurs qui infectent si souvent les chambrées : or, rien n'est plus avantageux pour remplir cet objet, que d'établir dans chaque chambre un courant d'air, d'un mur de face à l'autre. Il ne faut pas non plus, sous prétexte d'économie, entasser sans mesure trop d'hommes dans une même chambre; on ne doit pas oublier qu'indépendamment de la place qui leur est nécessaire pour se coucher et se mouvoir, il faut encore à chacun d'eux une masse d'air suffisante pour la respiration pendant la nuit, où toutes les fenêtres restent fermées.

D'après les travaux de Guyton-Morveau, Smith, &c., les médecins ont reconnu que dans les hôpitaux, la masse d'air nécessaire à chaque chambre pouvait être fixée à raison de six toises et demie cubes par malade; mais comme ici le renouvellement de l'air est

bien plus indispensable et doit pouvoir se faire avec plus de précaution que dans les casernes, on pourra pour celles-ci réduire de beaucoup le volume d'air demandé pour les hôpitaux, afin de ne pas se jeter dans une trop grande dépense. Quoiqu'on ne puisse rien établir de positif à cet égard, nous avons cru devoir appeler l'attention sur ce point important.

Les raisons de salubrité, jointes à celles d'économie, ont fait préferer depuis une trentaine d'années les grandes chambres aux petites; l'air en effet y circule mieux, et l'on peut y conserver une ventilation convenable d'un mur de face à l'autre. il est facile de pressentir aussi quels avantages elles offrent sous le rapport de l'économie. Combien n'épargne-t-on pas alors de portes, de cloisons ou de murs de refend! Beaucoup de petits espaces perdus dans chaque petite chambre s'ajoutent en supprimant les séparations et deviennent utiles. D'ailleurs, les soldats n'ayant pas toujours au même instant les mêmes occupations, le même état de mouvement, chacun d'eux jouit donc pour la circulation dans les grandes chambres, non-seulement de la place qui lui revient, mais aussi de l'espace accordé pour tous les autres ensemble. Si cependant les grandes chambres sont reconnues comme les plus avantageuses sous le rapport de l'économie, de la commodité et de la salubrité, il faut avouer aussi qu'elles ont de grands inconvéniens: le soldat s'y trouve privé d'un certain isolement nécessaire à sa tranquillité et à son repos, et n'a plus, pour ainsi

dire, de chez lui. Il y est aussi plus difficile de maintenir le bon ordre, et de découvrir les auteurs de quelques dégradations ou de quelques délits.

En adoptant l'usage des grandes chambres par compagnie ou par demi - compagnie, on doit craindre encore d'être entraîné dans des largeurs trop considérables pour les casernes, ce qui exige des charpentes énormes, toujours coûteuses, et destructives pour les murs qui doivent les supporter. Assez souvent même on est obligé, dans ce cas, et pour ne pas perdre trop de place, de mettre des lits au milieu de l'espace que laissent ceux de ces lits déjà rangés le long des murs; disposition qui, comme nous l'avons dit, n'est pas sans quelques inconvéniens pour le bien-être du soldat. D'ailleurs, dans les bâtimens qui ont une trop grande largeur, le jour n'arrive que difficilement vers le milieu des chambres, et le renouvellement de l'air est plus lent. Nous verrons plus tard comment on pourrait parvenir à concilier toutes ces conditions au moyen d'une nouvelle disposition.

Quant à la solidité nécessaire pour les casernes, il est presque inutile de la recommander comme condition essentielle; on sent aisément de quelle importance elle est dans un lieu où logent des gens de guerre, pour que toutes les parties de l'édifice puissent résister au choc des armes, à l'ébranlement dû au mouvement des hommes, &c. Par cette raison, peut-être devrait-on proscrire des casernes les plafonds, qui sont sitôt lézardés par l'élasticité des planchers; mais on doit sur-tout en bannir les car-

relages en carreaux de terre cuite, qui, étant constamment en dégradation, quelque soin qu'on apporte à leur entretien, offrent presque toujours des trous où séjournent l'eau et la poussière : d'ailleurs, le frottement continuel des clous qui arment les souliers des soldats, détachent toujours des carrelages une poussière rouge qui détériore les effets d'habillement et d'équipement, et empêche d'entretenir une propreté parfaite dans les chambres. Ne conviendrait-il pas mieux d'établir deux planchers cloués et recroisés l'un sur l'autre, pour augmenter la roideur des travées, et empêcher la poussière de tamiser dans les étages inférieurs, si toutefois les poutrelles n'étaient pas remplacées par des voûtes, qui permettraient l'emploi d'un pavé de pierre dure aux étages supérieurs comme au rez-de-chaussée !

La sûreté des casernes est encore une convenance des plus indispensables pour le bon ordre, la discipline parmi les troupes, et la tranquillité des habitans. Elle exige que personne ne puisse sortir de l'enceinte que par un petit nombre d'issues faciles à garder par des factionnaires. Cette enceinte doit comprendre des cours assez vastes pour que la troupe puisse se former en bataille lorsqu'elle prend les armes, et pour favoriser les inspections et les exercices : les cours facilitent en outre les communications entre toutes les parties des bâtimens, elles permettent une libre circulation de l'air, isolent l'édifice des maisons particulières, ce qui évite beaucoup d'inconvéniens. Elles offrent encore le moyen

de détacher des corps-de-logis principaux tous les accessoires qui doivent accompagner le logement des soldats.

L'avantage des cours exige que dans les moindres casernes il s'en trouve au moins une, quelque petite qu'elle soit; elle est sur-tout indispensable si l'édifice donne immédiatement sur la voie publique, afin d'établir une communication sur le derrière, et de n'avoir qu'une seule porte à l'extérieur, que l'on puisse garder facilement. Toutes les fenêtres du rez-de-chaussée doivent alors être grillées.

Relativement aux avantages de situation que doivent présenter les casernes, il faut choisir un emplacement qui soit à portée d'un cours d'eau: rien, en effet, n'est plus commode pour les besoins du soldat; il en résulte encore de grands avantages pour la salubrité de la caserne, la facilité d'arrêter les progrès d'un incendie, de former des chasses pour nettoyer les latrines, &c.

Si les localités ne permettent pas d'avoir un cours d'eau à portée des casernes, il faut y suppléer par des fontaines ou des puits, ou enfin par des citernes, en utilisant les eaux des toits.

Un moyen d'augmenter encore le bien-être du soldat, sans cependant nécessiter de grandes dépenses, est d'entourer les casernes de nombreuses plantations. On connaît les avantages qui en résultent pour la pureté et la salubrité de l'air; condition essentielle dans un lieu habité par un grand nombre de personnes. C'est aussi sous leur ombrage épais que le soldat, à l'abri des rayons du soleil, viendra goûter quelques

instans de repos, dans les intervalles de ses exercices, et pourra se livrer à des jeux favorables à sa santé et au développement de toutes ses facultés physiques.

Il n'est pas besoin de faire sentir combien ces embellissemens, si utiles et si peu dispendieux, contribuent sur-tout à donner à l'ensemble de l'édifice un aspect grandiose et imposant, et quels effets l'homme de goût peut en tirer : tantôt pour limiter par des masses de verdure le champ quelquefois trop vaste de l'œil du spectateur, et le concentrer sur l'édifice, qui semble s'agrandir alors par l'effet de ces masses servant de points de repère ; tantôt pour varier l'aspect des diverses projections qui pourront résulter de chaque nouvelle position que pourra prendre l'observateur.

Des accessoires au logement des troupes.

La réunion des compagnies en bataillon et en régiment exige encore un grand nombre de logemens et de locaux accessoires, dont il est bon d'examiner aussi toutes les convenances.

Le bataillon est formé de huit compagnies ; on y adjoint un adjudant-major et un adjudant-sous-officier ; on compte encore par bataillon un caporal-tambour, deux blanchisseuses et deux enfans de troupe.

Chaque régiment est formé de trois bataillons : il s'y trouve attaché un vaguemestre, un tambour-major, douze musiciens, dont un chef de musique, un maître

tailleur, un maître cordonnier, et un armurier : tous ces employés composent ce qu'on appelle le petit état-major; ils doivent être logés dans les casernes.

Il faut encore réserver par bataillon, ou par régiment, un certain nombre de chambres d'officiers, des cuisines communes, une salle d'ordre et de théorie, un corps-de-garde, des salles de discipline, une prison, un cachot, une salle destinée à l'enseignement mutuel, une petite infirmerie avec ses dépendances, des magasins d'armes, d'effets d'habillement et d'équipement, un magasin servant de décharge pour caisses, malles et gros embarras, quelques chambres pour les soldats mariés, un logement pour le concierge de la caserne, le cantinier, &c.

LOGEMENS d'officiers.

C'est une question qu'il convient d'examiner encore, si les logemens d'officiers doivent être situés dans les casernes. En général, les officiers préfèrent loger chez l'habitant : par cette raison et la nécessité d'agrandir les casernes existantes, afin d'y mettre des accessoires pour lesquels les anciennes casernes n'offraient pas d'emplacemens, on a changé dans ces derniers temps la destination de plusieurs pavillons d'officiers; on a évité par-là les dépenses d'agrandissement des casernes, et ce moyen peut être très-bon dans quelques circonstances particulières. Mais la suppression des logemens d'officiers dans les casernes doit-elle être adoptée comme règle générale ! Voici l'opinion émise à ce sujet par l'auteur de l'Encyclopédie militaire.

» Quand l'officier est logé chez le bourgeois, il a un appartement plus commode et mieux meublé que

celui qu'il pourrait avoir dans un quartier; mais cette augmentation de meubles et cette multiplicité d'appartemens est-elle un bien! Loin de là, elle est un vice, puisqu'elle augmente les dépenses, objet qu'on ne peut trop borner; puisque le surcroît est de luxe, et que le luxe est un des grands fléaux de l'état militaire. Enfin, la permission que l'on accorde à l'officier de loger chez le bourgeois, est essentiellement contraire au bien du service, puisqu'elle éloigne l'officier de sa troupe, le chef de ses officiers, et l'officier de l'officier. Quand l'officier est logé loin de ses soldats, il les voit rarement et ne peut guère surveiller ses sous-officiers; les uns et les autres boivent le jour, courent la nuit; l'insubordination et le libertinage naissent et produisent une infinité de maux physiques et moraux, également nuisibles au bien de l'État.

» Quand le chef est logé loin des officiers de son régiment, il ne peut veiller sur leur conduite civile et militaire; alors le désordre dans les mœurs et la négligence dans le service ne tardent pas à paraître. Quand tous les officiers du même corps ne sont pas rassemblés dans le même édifice, la jeunesse se dérobe aisément à l'œil de ses mentors; elle échappe à la censure des anciens officiers, et évite avec facilité les sages remontrances de ses amis. Ce n'est pas tout encore : l'amitié, ce sentiment qui est aussi souvent l'effet de l'habitude que des impressions que le cœur a reçues; l'amitié, qui fait le bonheur et qui constitue la force des corps militaires, l'amitié est détruite, ou s'affaiblit du moins, quand l'officier,

logé loin de son camarade, le voit très-rarement. . .»

Quel que soit au reste le parti qu'on prenne à cet égard, si l'on reconnaît l'avantage de loger les officiers près de leurs soldats, il convient que ce soit dans des pavillons séparés, qui, par suite, n'influeront que sur la disposition générale des masses des bâtimens de la caserne, et non sur la disposition intérieure des logemens des soldats : l'examen des convenances de ces pavillons forme alors un article à part. Si au contraire la question est résolue négativement, il sera cependant encore indispensable de conserver dans les casernes quelques logemens d'officiers, dont il est facile d'établir la nécessité.

Tous les ordres relatifs au service et à la police s'exécutent, dans une caserne où se trouve réuni un régiment, sous la direction d'un chef de bataillon de service : c'est lui qui réunit le matin à la caserne l'adjudant-major, l'adjudant de semaine et les sergens-majors, pour établir le rapport général; c'est lui qui fait faire les appels, inspecte les gardes, les détachemens et piquets commandés par des officiers, fait exécuter les exercices, &c. Tous ces détails exigent que le chef de bataillon de semaine vienne à chaque instant à la caserne; il convient donc de lui donner un cabinet, où il puisse attendre le moment de donner des ordres, et réunir les officiers de service. .

L'adjudant-major transmet tous les ordres du chef de bataillon; il est chargé des détails de la police générale et du service commun à toutes les compa-

gnies. Il y a en outre par régiment un adjudant-major de semaine sous les ordres immédiats du chef de bataillon de semaine ; c'est lui qui est chargé directement du service du quartier, de la police des salles de discipline, prisons, &c. ; il veille à l'exactitude des batteries, à la propreté dans les cours et à l'extérieur ; il dirige les officiers et sous-officiers de semaine ; il ordonne et règle l'heure pour les détachemens, corvées, gardes, exercices, &c. ; il assiste aux appels et en dirige les détails.

Les fonctions de l'adjudant-major de semaine exigent qu'il ne s'absente du quartier que le moins possible : il doit, lorsqu'il est forcé de s'en éloigner momentanément, s'assurer que l'adjudant de semaine y reste pour répondre et donner suite à tous les ordres.

D'après ces conditions, on doit loger, autant que possible, tous les adjudans-majors à la caserne : mais si leurs logemens ne peuvent s'y trouver, on y suppléera par une chambre servant de bureau à celui d'entre eux qui sera de semaine, et où il puisse se tenir habituellement pour l'exécution des détails de son service.

Les emplacemens des bureaux du chef de bataillon et de l'adjudant-major de semaine doivent être à portée l'un de l'autre, et près de la porte d'entrée de la caserne.

Les adjudans sont soumis immédiatement aux adjudans-majors, qu'ils aident dans les détails du service ; ils surveillent directement les sous-officiers et caporaux, tambours, musiciens et maîtres ouvriers ; ils sont responsables de la ponc-

tualité des batteries, et veillent à l'exécution des ordres que donne l'officier chargé des détails du casernement, &c. Les adjudans de chaque bataillon seront donc toujours logés à la caserne, et, autant que possible, au centre et à portée de leur bataillon.

Le quartier-maître a des rapports fréquens avec les sergens-majors et fourriers de chaque compagnie, pour les mutations, et les détails de la comptabilité, des subsistances et des distributions; de plus, il se trouve chargé des fonds et de la tenue des livres du conseil d'administration; et comme il ne lui est pas toujours possible de trouver en ville un logement convenable et sûr, c'est donc à la caserne qu'il convient de l'établir. On accorde au quartier-maître une chambre avec un cabinet, et une grande pièce pour y placer ses bureaux.

Le capitaine d'habillement est chargé des magasins de toute espèce; il surveille, sous la direction du major, la confection et la conservation des effets; il fait délivrer, sur les bons visés du major, les armes ainsi que les effets d'habillement et d'équipement; il en ordonne les réparations lorsqu'elles sont nécessaires, et dirige les maîtres ouvriers. Si l'on juge convenable, d'après ce détail, de loger le capitaine d'habillement à la caserne, il faudra lui donner, comme au quartier-maître, une chambre à coucher, un cabinet, et une pièce pour son bureau. Dans le cas contraire, il doit au moins avoir un cabinet à portée des magasins.

Le porte-drapeau étant chargé du détail du casernement, de la conservation des meubles, effets et

fournitures, du remplacement des objets détériorés ou perdus, et ayant, par ce service, des relations fréquentes avec les chefs de chambrées et les fourriers des compagnies, il peut être convenable de loger cet officier à la caserne.

L'usage des cuisines communes est une des plus importantes améliorations qui aient été faites au casernement depuis quelques années : elles ont en effet l'avantage d'être plus commodes pour le service, l'ordre et la promptitude des distributions; elles donnent la possibilité de faire les soupes en commun, et de les obtenir ainsi meilleures et plus nourrissantes; l'économie de combustible qui en résulte, devient aussi considérable et permet d'améliorer la nourriture du soldat sans nécessiter une plus grande dépense pour l'État. On juge aisément d'ailleurs combien d'inconvéniens résultaient, pour la propreté et la salubrité, de l'usage où l'on était d'établir les cuisines dans les chambres. Mais en adoptant l'idée de les réunir dans des locaux séparés, il convient de leur donner toute l'extension nécessaire, dans le but de débarrasser les chambres de tous les ustensiles, comestibles et autres causes de malpropreté. Examinons, sous ce rapport, les convenances de ces petits établissemens. CUISINES.

Les soldats mangent dans leurs chambres par escouade, mais ils se réunissent en plus grand nombre pour faire la cuisine; il est alors avantageux de donner une marmite à chaque section. On peut cependant n'en accorder qu'une seule par compagnie, lorsqu'il ne s'y trouve que de soixante à soixante-dix hommes; mais passé cette limite, les marmites, qui

sont en fonte, deviennent trop pesantes pour être maniables, et les distributions peuvent offrir de la confusion.

Dans tous les cas, il est nécessaire, pour l'économie du combustible, de construire des fourneaux en maçonnerie, dans lesquels devront s'engager les marmites, et d'en réunir deux à un même foyer, puisque alors elles n'exigeront que la moitié du combustible qui serait nécessaire pour les chauffer, si elles étaient séparées. Il est reconnu, dans ce cas, que la consommation nécessaire pour chaque homme peut être évaluée par jour à environ $\frac{1}{1200}$ de stère de bois, ce qui ne ferait que le quart seulement de ce qui lui est alloué ordinairement pour sa cuisine.

La capacité des marmites est basée sur la force de chaque section dans la caserne : en supposant l'escouade de dix hommes, les marmites devront donc servir à l'ordinaire de quarante hommes. Or l'on peut compter qu'il faut mettre dans la marmite 1 litre $\frac{1}{10}$ d'eau par chaque soldat, ce qui, pour quarante, fait une capacité de $0^m.0044$ cubes : cette marmite pourrait avoir alors un diamètre moyen de $0^m.40$ sur $0^m.40$ de hauteur.

Chaque marmite repose sur une ou deux barres de fer, ou sur un rebord conservé dans la maçonnerie du fourneau, de manière cependant que la flamme et la fumée puissent circuler autour, avant de s'échapper dans la cheminée. Cette précaution est indispensable pour la conservation même des marmites et l'économie du combustible.

Une marmite pour quarante hommes peut peser

environ 30 kilogrammes : les anses doivent donc être proportionnées à ce poids, pour qu'on puisse la retirer du fourneau afin de la nettoyer ou de visiter les houras qui servent de conduits à la fumée. Cette sujétion continuelle ne permet pas, comme nous l'avons déjà dit, qu'on emploie des marmites d'une capacité beaucoup plus grande, parce qu'il en résulterait un poids trop considérable.

La hauteur des fourneaux sera d'environ $0^{m}.80$, afin de pouvoir puiser facilement dans les marmites. Il faut laisser un petit espace entre chaque foyer, pour faciliter le service des cuisiniers.

Le nombre des compagnies détermine aussi celui des couples de marmites ou des foyers du fourneau ; il en faut donc huit par bataillon. Il sera bon d'en ajouter un pour les sous-officiers, s'ils doivent faire ordinaire à la caserne : il faut prévoir d'ailleurs le cas où l'un des foyers serait en réparation.

Une hotte doit couvrir tous les fourneaux, afin de recevoir la fumée de chaque foyer, et celle qui pourrait se dégager aussi entre les parois des marmites et du fourneau.

Pour une ou deux compagnies, il faut une table de caserne, nécessaire au service de la cuisine, et sur laquelle on déposera les gamelles qui doivent être portées ensuite dans chaque escouade après la distribution.

Chaque compagnie doit avoir encore dans les cuisines, ou immédiatement à côté, un petit magasin particulier pour le bois de chauffage, afin que les hommes d'une même compagnie puissent jouir sans discussions des économies qu'ils pourront faire sur le

combustible qui leur est alloué pour la cuisine. Le même magasin pourra servir encore à déposer en sûreté les petites provisions faites à l'avance pour l'ordinaire de la compagnie, telles que légumes, viande, &c. On y mettra aussi les ustensiles de l'ordinaire. Tous ces dépôts seront évidemment mieux placés à la cuisine que dans les chambres, où l'on ne sera plus obligé d'ailleurs de réserver des emplacemens pour ces objets.

Les petits magasins à établir dans les cuisines, pour chaque compagnie, pourront avoir 2 mètres de long sur autant de large; on pourra y empiler alors 4 stères de bois, total de trois distributions faites aux soldats d'une compagnie tous les cinq jours. Au-dessus du bois on pourra mettre encore quelques sacs de légumes, et sur des planches, d'autres menues provisions et les ustensiles de l'ordinaire. La viande sera suspendue vers le milieu du plancher à un crochet que l'on descendra au moyen d'une corde. Chaque magasin doit être aéré par un créneau ou une petite fenêtre.

Les sous-officiers font ordinaire ensemble par bataillon; il convient donc de leur réserver une pièce à portée de celle qui doit leur servir de cuisine pour y établir leur réfectoire. Comme il y a environ cinquante sous-officiers par bataillon, il faut que les dimensions de ce réfectoire soient basées sur la quantité de tables et de bancs nécessaire pour ce nombre d'hommes.

Les musiciens et les caporaux-tambours mangent ensemble, et ordinairement à la cantine de la caserne.

Les maîtres ouvriers vivent dans leurs ménages ou à la cantine.

Les cuisines seront naturellement au rez-de-chaussée, et le plus à portée que faire se pourra des escaliers, pour faciliter les distributions dans les escouades. Les accidens qui peuvent naître du feu continuel qu'on fait dans les cheminées des cuisines, la place qu'occupent dans les étages supérieurs les tuyaux de ces cheminées, la dépense due à la hauteur qu'on est obligé de leur donner pour les faire sortir au-dessus des toits, devront peut-être faire préférer en général de séparer les cuisines des corps de caserne, pour les placer dans de petits bâtimens isolés et uniquement destinés à cet usage.

Si l'on doit faire du feu dans les chambres en hiver, ce qui n'a pas lieu au reste même à Paris, et ce qui par suite ne sera pas non plus nécessaire dans les trois quarts des départemens de la France, il pourrait y avoir quelquefois moins d'inconvéniens à placer les cuisines dans l'intérieur des casernes, afin de disposer les tuyaux de cheminée de ces cuisines pour recevoir la fumée des poêles placés dans chacune des chambres des soldats.

CORPS-DE-GARDE DE POLICE.

Il y a toujours dans chaque caserne un poste pour la police, dont la force, proportionnée aux localités et aux circonstances, est déterminée par le commandant du corps. Le corps-de-garde nécessaire à ce poste doit, pour prévoir tous les cas, contenir au moins vingt hommes, commandés par un officier, et être situé près de l'entrée principale de la caserne, afin que le chef du poste surveille plus facilement

ceux qui entrent et qui sortent, et puisse être averti par la sentinelle, si le cas l'exige.

L'ameublement des corps-de-garde est à peu près le même que celui des chambres des soldats, si ce n'est que les couchettes sont remplacées par un lit de camp. On compte sur $0^{m}.50$ courans par homme couché sur le lit de camp : mais outre que la circulation doit rester libre, il faut pouvoir placer une table, deux bancs, le poêle et quelques autres objets. On doit encore réserver un endroit pour le bois de chauffage ou le charbon de terre.

L'officier doit avoir un cabinet séparé du corps-de-garde des soldats, où l'on puisse placer aisément un grand fauteuil à bascule, une table, une chaise et un poêle

SALLE DE DISCIPLINE, PRISON, CACHOT.

La salle de discipline, la prison et le cachot doivent être à portée du corps-de-garde de police, afin d'être surveillés plus facilement par le caporal de garde, qui en a les clefs et qui fait soigner les détenus.

On doit séparer la salle de discipline des sous-officiers de celle des soldats. Celle-ci doit pouvoir contenir au moins vingt hommes par régiment ; et la première, seulement trois ou quatre : les hommes détenus à la salle de discipline sont couchés sur un lit de camp ; il serait convenable d'isoler par une cloison l'endroit où l'on dépose les baquets servant de latrines aux prisonniers.

La prison et le cachot des sous-officiers doivent aussi être distincts de ceux des soldats, autant que les localités le permettent; il n'est pas nécessaire que ces pièces aient une grande étendue. Dans la

prison, les hommes couchent à terre sur une paillasse; au cachot ils n'ont que de la paille.

SALLE D'ORDRE ET DE THÉORIE.

Tous les sous-officiers d'un régiment sont réunis dans une salle particulière, plusieurs fois par semaine, pour recevoir des leçons sur les différentes parties des exercices militaires. Cette salle devant contenir, dans chaque régiment, environ cent cinquante hommes assis sur des bancs, et offrir un espace libre pour la circulation, l'emplacement d'un tableau servant aux démonstrations et quelques tables, aura au moins de 80 à 90 mètres carrés.

Les fourriers pourront se réunir dans cette salle pour copier les ordres du jour qui doivent être ensuite transmis par eux aux compagnies. Le chef de bataillon de service peut encore, s'il le juge convenable, y réunir le matin les adjudans-majors et les sergens-majors pour l'établissement du rapport général qui se fait tous les jours au lieutenant-colonel et au colonel.

ÉCOLE RÉGIMENTAIRE.

Dans chaque régiment il est établi une école dans laquelle on enseigne aux soldats à lire, à écrire, et les premiers élémens de l'arithmétique: cette école sera établie dans la caserne, et garnie de tables et de bancs. On peut supposer qu'elle servira en même temps pour les enfans de troupe; elle doit pouvoir contenir de soixante-dix à quatre-vingts hommes, et avoir alors environ 8 mètres sur 9.

Si l'on y adopte le mode d'enseignement mutuel, il faudra y distribuer les tables et les bancs suivant ce qui a été prescrit par l'instruction ministérielle de 1820.

Dans tous les cas, il est bon de conserver à l'en-

trée de la salle qui doit servir d'école, une espèce d'antichambre où les soldats et les sous-officiers puissent déposer leurs capotes, bonnets, schakos, sabres, &c.

SALLE D'ESCRIME ET DE DANSE.

Il faut réserver dans la caserne une salle où les soldats puissent être exercés à faire des armes. Si l'on suppose que le dixième environ des soldats doive prendre une demi-heure de leçon par jour, il faudra par bataillon une salle de 6 mètres de large et de 6 mètres de long; alors trois couples pourront faire des armes à-la-fois, et dans une journée de douze heures soixante-douze hommes auront pris leur leçon.

Il serait convenable de réserver par régiment une chambre de la même étendue pour les officiers.

La salle de danse peut avoir à peu près les mêmes dimensions que la salle d'armes; mais lorsqu'on est limité par l'espace, il n'y a pas grand inconvénient à la supprimer, ou à faire servir à-la-fois la même pièce de salle d'armes et de salle de danse.

MAGASIN D'EFFETS DES CORPS.

Chaque régiment a un magasin d'habillement pour les habits, vestes, pantalons, &c.; un magasin d'équipement pour le linge et la chaussure; un magasin pour l'armement : ces magasins doivent être distincts, et sur-tout le dernier, afin que les armes ne soient point exposées à des mouvemens fréquens et aux atteintes de la poussière.

Le magasin d'habillement doit présenter un développement de mur d'environ 40 mètres, afin d'y placer des casiers où l'on puisse ranger tous les effets confectionnés, ainsi que les draps, toiles, &c.

qui doivent servir à l'habillement. Au milieu du magasin on doit pouvoir placer quatre tables de caserne et leurs bancs, ou une seule table équivalente, de manière à laisser encore tout autour un espace libre pour la circulation.

Le magasin d'équipement est disposé comme celui d'habillement, et doit avoir à peu près les mêmes dimensions.

Le magasin d'armement doit pouvoir contenir le vingtième environ des armes de la troupe; il faut compter sur $0^{m}.32$ courans par giberne et sabre accrochés à une cheville, et $0^{m}.10$ pour chaque fusil placé au râtelier d'armes, ce qui exigerait, pour la salle d'armes, un développement d'environ 40 mètres. On peut réduire à moitié les dimensions de cette salle, en plaçant deux rangs d'armes l'un au-dessus de l'autre, ou en disposant des râteliers au milieu de la salle. Comme les fusils déposés au magasin d'armes sont pour la plupart de rebut, et qu'on ne les conserve que pour armer provisoirement les recrues, on pourrait peut-être les disposer tout simplement l'un contre l'autre dans les coins du magasin, ce qui permettrait de diminuer ses dimensions.

Tous les magasins étant sous la surveillance immédiate du capitaine d'habillement, il convient de les réunir à portée les uns des autres.

LOGEMENT DU PETIT ÉTAT-MAJOR.

Les hommes qui composent le petit état-major sont, le vaguemestre, le maître de musique et les musiciens, le tambour-major et les caporaux-tambours, et les maîtres ouvriers; il faut des logemens séparés pour chacun d'eux.

Le vaguemestre loge seul. L'obligation où il est de recevoir les effets adressés au conseil d'administration, et les rapports continuels qu'il a avec les officiers, sous-officiers et soldats, pour leur remettre les lettres, les paquets et l'argent, exigent qu'il ait son logement à la caserne.

On accorde une chambre au chef de musique et une autre aux musiciens : la première sert aussi de salle pour les répétitions, lorsqu'on ne peut disposer d'un autre local pour cet usage. On doit compter sur douze musiciens par régiment.

Le tambour-major loge seul; lorsqu'on est gêné pour les localités, on le fait loger avec le chef de musique.

Les caporaux-tambours d'un régiment logent ensemble; il y en a un par bataillon.

Les réglemens accordent une chambre au maître tailleur pour son logement et son atelier particulier, et une autre pièce pour ses ouvriers : celle-ci doit pouvoir en contenir dix ou douze, avec les tables et établis nécessaires, les armoires et porte-manteaux pour les effets confectionnés et pour ceux qui sont réparés ou à réparer : ce local doit être bien éclairé, et chauffé en hiver par un poêle.

La chambre du maître tailleur doit être assez grande pour y établir son ménage, y faire la cuisine et y placer une grande table pour la coupe des draps.

L'atelier du maître tailleur peut être situé au rez-de-chaussée comme à un étage quelconque de la caserne ; le genre de travail qui s'y fait ne pouvant nuire à la solidité des planchers.

Le maître cordonnier occupe une chambre pour son logement particulier, comme le maître tailleur; il lui faut aussi une autre pièce pour l'atelier de cinq à six ouvriers, dans laquelle on réservera un cabinet servant de dépôt pour les cuirs.

L'atelier du maître armurier doit renfermer une forge avec son soufflet, une enclume, un établi, &c. on y place aussi quelques râteliers d'armes pour les fusils en réparation. Il faut que cet atelier soit placé au rez-de-chaussée, et peut-être même devrait-il être détaché du corps de la caserne, à cause de la forge. Il peut avoir de 4 à 5 mètres de large sur autant de long. Le maître armurier aura son logement près de son atelier.

BLANCHISSEUSES.

Les deux blanchisseuses de chaque bataillon peuvent être logées dans une même chambre où elles feront leurs lessives. Cette chambre doit alors être assez vaste pour cet objet, et avoir une grande cheminée.

On place les buanderies dans des endroits où les embarras et les causes de malpropreté qu'elles entraînent ne soient point apparens; mais ce ne peut être qu'au rez-de-chaussée des casernes : il serait même plus convenable, crainte d'incendie, de les reléguer dans un pavillon entièrement détaché des corps de logis principaux.

Les blanchisseuses font sécher leur linge dans les cours, dans les greniers, et où elles peuvent : il serait plus convenable de réserver un endroit peu apparent pour servir d'étendoir.

LATRINES.

Les latrines ne doivent point être comprises dans l'intérieur des bâtimens servant de logement : il

est reconnu que lorsqu'elles sont fréquentées par beaucoup de monde, il est impossible de les tenir parfaitement propres et sans odeur. On est donc obligé de les établir, suivant les localités, dans un lieu séparé.

On peut compter, pour les latrines, deux siéges par compagnie. Si elles sont dans un endroit apparent, il faut en masquer l'entrée par une traverse en maçonnerie.

Il est nécessaire de réserver à côté des latrines un emplacement pour déposer, dans le jour, les baquets en bois qui doivent être placés la nuit dans les corridors où sur les palliers des escaliers, pour l'usage des soldats.

INFIRMERIE. Les chefs de corps ont adopté l'excellent usage de faire traiter à la caserne, par les chirurgiens-majors, les maladies simples, telles que les gales et les dartres, les maladies vénériennes, les luxations, les fièvres éphémères, &c. On évite ainsi aux soldats des maladies plus considérables, et le gouvernement y trouve un bénéfice réel sur la dépense des hôpitaux. Il faut donc réserver pour cet usage une ou plusieurs chambres, de la contenance de vingt-cinq à trente lits par régiment ; il est convenable d'avoir une salle séparée pour les galeux.

Un caporal est désigné pour avoir soin de l'infirmerie ; il doit y loger : il tient sous clef les médicamens et préparations apportés par le chirurgien-major pour les malades. On pourra réserver une salle d'une dixaine de lits pour les convalescens qui reviennent des hôpitaux, afin de les mettre à même de se rétablir entièrement ; on préviendra ainsi

beaucoup de rechutes. Un soldat qui relève d'une longue maladie a les organes de la digestion trop débiles pour digérer les alimens grossiers de son ordinaire; la salle des convalescens l'y préparera peu à peu.

L'infirmerie doit être placée dans un endroit sain et retiré; il doit y avoir à portée une salle pour donner des bains de vapeurs, nécessaires sur-tout dans les maladies de peau.

Il convient aussi de loger près de l'infirmerie le chirurgien-major ou l'un de ses aides. Ce chirurgien sera naturellement le chef de l'infirmerie; en logeant dans la caserne, il sera à même de veiller à tout et de donner de prompts secours en cas d'accident.

LOGEMENT DU CONCIERGE.

Il faut dans chaque caserne un logement pour le concierge : c'est lui qui tient toutes les clefs des chambres qui ne sont pas habitées; il est responsable de tous les effets d'ameublement qu'elles renferment; il surveille les dégradations faites par les soldats, au compte de qui doivent se faire aussi les réparations.

Le logement du concierge doit être près de la porte d'entrée et au rez-de-chaussée de la caserne : il sera composé d'une chambre et d'un cabinet, ou de deux chambres.

BUREAU DU CASERNEMENT.

Dans les casernes considérables, il est nécessaire de conserver un cabinet à portée du logement du casernier, pour servir de bureau à l'officier du génie chargé de ces bâtimens.

ENFANS DE TROUPE, HOMMES MARIÉS.

On compte ordinairement deux enfans de troupe par compagnie; il est convenable de les réunir dans

une même chambre, parce qu'il devient alors plus facile de les diriger et de les instruire.

Il faut avoir aussi des chambres disponibles pour quelques hommes mariés, dont on tolère les femmes dans les régimens.

HANGAR POUR LE BOIS DE CHAUFFAGE.

Les corps font toujours quelques économies sur le bois de chauffage ou sur les autres combustibles accordés à chaque homme pour faire sa cuisine et pour se chauffer en hiver; ces économies sont versées dans un même lieu, pour subvenir d'abord aux besoins de l'infirmerie, et le reste pour être vendu au profit du soldat : il est bon de réserver pour cet objet un emplacement couvert.

MAGASIN POUR LES CAISSES, MALLES ET GROS EMBARRAS.

Il faut un magasin pour mettre à l'abri du mauvais temps les gros embarras que traînent toujours, après eux les régimens, tels que les caisses et les malles qui servent au transport des effets des magasins, celles réservées pour les papiers du conseil d'administration et de chaque compagnie.

MAGASIN DES POMPES À INCENDIE.

Il doit y avoir aussi dans chaque caserne un endroit où le casernier puisse tenir sous clef, et hors des atteintes du soldat, une pompe à incendie avec ses attirails, afin de porter de prompts secours dans la caserne ou dans les bâtimens voisins, s'ils étaient menacés d'incendie.

DÉPÔT DES PELLES ET DES BALAIS.

Il faut encore un endroit pour déposer les brouettes, pelles, pioches, balais qui servent journellement aux soldats pour entretenir la propreté dans les cours des casernes et à l'extérieur des bâtimens.

SALLE D'EXERCICE.

Aucune de nos casernes n'a de salle où l'on puisse, en tout temps, exercer la troupe au ma-

niement d'armes; une telle salle serait cependant d'un grand secours pour l'instruction du soldat, sur-tout dans les provinces du nord, où la saison pluvieuse se prolonge pendant près de six mois. Elle devrait pouvoir contenir, dans les casernes destinées à recevoir un régiment, au moins un bataillon sous les armes. Quels avantages n'offrirait-elle pas aussi pour servir de promenoir et de lieu de récréation! C'est là que les vieux soldats pourraient, par les récits de leurs anciens faits d'armes, instruire leurs jeunes camarades, et leur inspirer, en les amusant, le goût de leur état et le desir de se distinguer. Cette salle servirait, en toute saison, aux jeux et aux exercices gymnastiques, si propres à favoriser le développement de toutes les facultés physiques.

Telles sont, en général, les convenances que doivent remplir les casernes d'infanterie; mais elles se simplifient lorsqu'on n'a qu'un seul bataillon ou seulement quelques compagnies à loger: il n'est plus nécessaire, par exemple, de conserver des logemens pour les musiciens, les maîtres ouvriers, des salles pour les ateliers, les magasins de toute espèce, l'infirmerie, &c.; on peut aussi réduire aux dimensions strictement nécessaires les emplacemens réservés au logement des soldats, et satisfaire moins grandement à toutes les conditions.

Il est difficile d'assigner la place qu'il convient d'affecter en général aux accessoires du casernement: on doit tâcher sur-tout qu'ils ne dérangent en rien l'ordre, la commodité et la régularité du logement de la troupe. Par cette raison, il serait

peut-être nécessaire d'isoler ces accessoires de manière à pouvoir satisfaire plus facilement à leurs convenances particulières, sans entraver ou restreindre aucune des autres parties du casernement.

Nous avons cherché à répondre à cette question, quelles sont les conditions auxquelles doivent être soumis les projets de casernes! Maintenant nous examinerons comment ces conditions peuvent être remplies dans les différentes dispositions adoptées jusqu'à présent pour ces édifices.

§. III.

DES DISPOSITIONS ADOPTÉES POUR LES CASERNES.

Les difficultés qu'amènent, en général, les convenances dans la distribution, font sentir combien il serait avantageux que l'architecte eût par-devers lui une collection des meilleurs projets déjà existans sur chaque genre d'édifice qu'il peut avoir à construire, afin que, lorsqu'il se trouverait appelé à en rédiger un nouveau, il pût savoir de quelle manière toutes les convenances ont pu être remplies d'après les dispositions déjà mises en usage. Les rapprochemens et les combinaisons qu'il pourrait tirer de ces matériaux, serviraient, pour ainsi dire, d'aliment à son imagination; et c'est alors que, pénétré réellement de son sujet et éclairé par l'expérience de tous ceux qui l'ont précédé, il pourrait travailler avec fruit d'après ses propres idées.

C'est dans ce but que nous examinerons ici quelles

sont les principales dispositions que présentent les casernes existantes. Mais jetons d'abord un coup d'œil sur ce qu'elles étaient dans les anciens temps.

Les Romains désignaient leurs casernes sous le nom de *castrum* ou de camp. Rome, comme le centre de leur puissance militaire, renfermait dans ses murs plusieurs édifices de ce genre; ils en élevèrent aussi dans les villes soumises à leur domination, où ils entretenaient constamment une garnison. Mais il n'est resté de ces édifices que quelques vestiges qui suffisent à peine pour donner une idée de leur disposition générale.

On trouve dans le Dictionnaire d'antiquités plusieurs détails sur les ruines de quelques casernes; tels sont les *castra peregrina*, *castra prætoriana* et autres. Le camp prétorien [*castra prætoriana*], dont Pirro Ligorio a fait connaître le premier tous les détails, paraît avoir été le plus considérable de tous: il n'existe maintenant de cet édifice qu'un seul angle; mais du temps de Ligorio il est possible qu'il en restât assez de vestiges pour qu'on pût s'en faire une idée exacte.

Le camp prétorien, tel que M. Durand l'indique dans son parallèle, est composé d'une double enceinte, la première destinée au logement des soldats, la seconde au logement de leurs chefs: au-devant des chambres sont des galeries servant de communication et de promenoir. Chaque enceinte offre deux étages de chambres et de galeries; de distance en distance, l'enceinte extérieure est flanquée de tours carrées qui s'élèvent plus haut que la muraille, et dans lesquelles sont placés alter-

nativement des escaliers pour monter aux galeries du premier étage ou sur les terrasses, et des pièces qui servaient vraisemblablement de cuisines, de latrines, &c. A l'extérieur de la seconde enceinte on trouve des exèdres, ou lieux ouverts, dans lesquels les vieux soldats se rassemblaient pour s'entretenir de leurs combats, de leurs victoires. Au centre de cette seconde enceinte s'élève un magnifique temple consacré à Auguste, et dans lequel le conseil tenait ses assemblées.

Il existe encore, dans plusieurs parties de l'Italie, des restes d'édifices dont on n'a pu expliquer l'usage qu'en supposant qu'ils ont servi de casernes. Tel est, dans la villa Adriana, près de Tivoli, un édifice remarquable et connu sous la dénomination de *cento celle* ou les cent chambres; on peut en voir les plans donnés par Pirro Ligorio, le père Kircher et l'architecte Contini. Winckelmann avait soupçonné que les cent chambres étaient destinées à la garde impériale : chacune d'elles était voûtée et indépendante des autres; elles n'avaient de communication que par une galerie extérieure en bois, qu'on pouvait fermer et faire occuper par une sentinelle. A l'extrémité de chaque galerie étaient deux guérites établies sur des pierres saillantes, formant encorbellement. Dans l'une on a trouvé le nom abrégé d'un soldat, écrit en noir, comme avec le doigt.

Dans les ruines de Baies, ville antique située sur le golfe de Naples, se trouve aussi une suite de chambres voûtées formant plusieurs étages, et qu'on suppose avoir fait partie d'une caserne.

On a découvert encore à Otricoli un édifice semblable à celui de la villa Adriana; mais les chambres, au lieu d'être voûtées, étaient couvertes par des planchers: on voit encore les trous qui recevaient les maîtresses poutres. Les galeries du rez-de-chaussée étaient formées par de grands arcs, et servaient de corridors pour arriver aux petits escaliers qui conduisaient aux galeries des étages supérieurs et dans les chambres. On peut voir la description de cet édifice et ses dessins dans le Journal d'antiquités de l'abbé Guatani, année 1784.

On trouve de semblables allées ou corridors dans les ruines de Rome, et dans les lieux où toutes les conjectures s'accordent pour faire croire qu'il devait y avoir une garnison. Mais de tous les édifices antiques que l'on suppose avoir dû servir de caserne, celui qu'on a découvert à Pompei, à la fin du siècle dernier, est le seul qui soit assez bien conservé pour donner quelque idée d'un *castrum* des Romains.

Cet édifice, tel qu'il est décrit dans le Voyage pittoresque de Naples, était formé d'une cour ou place d'armes ayant environ vingt-trois toises de long sur dix-sept toises de large; au fond s'élevait un superbe théâtre.

La cour était environnée d'un péristyle continu, donnant entrée à de petites chambres disposées à l'entour, et servant de logement pour quatre soldats, ainsi qu'il résulte de quatre armures trouvées dans plusieurs de ces chambres.

Les colonnes du péristyle sont de l'ordre dorique et sans bases; elles ont onze pieds de haut sur

dix-neuf pouces de diamètre; elles sont distantes du mur de treize pieds sept pouces. Les chambres étaient d'inégale grandeur, mais toutes peintes en arabesques, revêtues en stuc et pavées en mosaïque : elles étaient fermées d'une porte à deux battans, qui s'ouvraient en poussant en dedans, comme on le voit par le seuil; car il n'y existe plus de linteaux antiques ni de planchers.

Il y avait deux étages à ces logemens, et les cases du second étage se communiquaient par une petite galerie suspendue; on voit même encore la marque des solives qui la formaient. Ces chambres ne recevaient de jour que par la porte ou par une ouverture faite au-dessus; c'était la manière assez ordinaire dont les Romains éclairaient leurs maisons, les fenêtres paraissant très-rares dans leurs constructions.

On n'a trouvé de vestige de lit dans aucune de ces chambres, ce qui pourrait faire croire que les soldats ne se rassemblaient en ce lieu que pour les jeux gymnastiques: d'ailleurs, tout ce qu'on y a découvert d'ornemens, semble plutôt fait pour l'appareil d'un spectacle que pour la guerre, et cette grande enceinte rectangulaire paraît très-propre à cet usage. On voit aussi des pièces plus grandes, qu'on croit avoir été le logement du commandant; ce qui le fait penser, c'est qu'on a trouvé à peu de distance les squelettes de plusieurs esclaves, et d'un cheval chargé d'effets précieux, d'habits et d'étoffes qu'on enlevait sans doute et qu'on cherchait à sauver.

A l'angle gauche de la porte d'entrée sont cinq cases qu'on voit à découvert. Dans l'une d'elles, on

a trouvé un moulin à bras. A côté de cette pièce, il y en a une autre que l'on croit avoir servi de prison ; on y mettait les soldats aux fers. Il paraît, par la forme de ces fers, que les prisonniers étaient seulement attachés par les pieds, qu'on tenait engagés dans une pièce de bois épaisse, recouverte de fer et arrêtée par de fortes chevilles. On a trouvé plusieurs squelettes rangés à côté les uns des autres. Ces malheureux, oubliés sans doute dans l'épouvante générale, n'auront pu se sauver comme les autres habitans.

D'après ces renseignemens, on peut conjecturer que les casernes des Romains étaient divisées le plus ordinairement en plusieurs étages formant chacun une longue file de chambres, et auxquels on arrivait par un escalier en bois et par une trape. Il n'y avait point de communications entre les chambres privées de fenêtres ; mais une espèce de balcon régnait en avant et à l'extérieur, et formait une galerie commune sur laquelle s'ouvraient toutes les portes, en sorte que, par ce dégagement, chaque chambre était indépendante des autres.

Cette disposition, conservée dans les casernes dites *à galeries*, est encore la plus en usage en Italie, en Espagne, et dans quelques-unes de nos provinces méridionales.

Depuis l'époque des *castrum* des Romains, jusqu'à l'établissement des casernes en France, il s'écoula plusieurs siècles. Tant que la milice féodale subsista et que la chevalerie fut en honneur, on n'eut pas besoin, en effet, de s'occuper de la manière de loger les troupes : on n'assemblait alors les armées qu'au

moment où l'on voulait combattre ; on ne combattait qu'au retour des beaux jours, et on licenciait les gens de guerre avant l'arrivée de la saison froide et pluvieuse. Mais lorsque Charles VII, éclairé par l'expérience et entraîné par l'exemple du reste de l'Europe, voulut avoir un corps d'armée continuellement sur pied, on commença à chercher quelle était la manière la plus avantageuse de loger les soldats. Cependant, comme sous le règne de ce prince et sous celui de ses successeurs, les troupes, nombreuses pendant la guerre, étaient presque réduites à rien en temps de paix, on ne dut s'occuper que faiblement du logement des gens de guerre.

Peu à peu leur nombre s'accrut, et les villes, pour éviter l'inconvénient de loger les soldats chez les habitans, prirent alors des maisons à loyer. Il en résulta que ces maisons, souvent malsaines, mal situées, étaient quelquefois très-éloignées les unes des autres, ainsi que des magasins, ateliers, salles d'exercice, de discipline, &c. ; que les ameublemens fournis par les particuliers n'étaient que des rebuts; et qu'en définitive les hommes étaient fort mal logés, la discipline mal surveillée ; qu'il y avait une grande perte de temps pour l'instruction et le service du soldat.

Sous Louis XIV, toutes les branches de l'organisation militaire ayant reçu une impulsion considérable, on s'occupa aussi de l'amélioration du casernement des troupes ; et Vauban, dans la création du système de défense de la France, fit construire un grand nombre d'édifices de ce genre.

Les premières casernes construites à cette époque

furent bien loin de suffire à tous les besoins. Louis XV, pour détruire tous les abus qui résultaient encore du manque de casernes, voulut, en 1716, que l'on en construisît dans les principales villes de France. Par un édit de 1719, on ordonna de faire le plan, l'état estimatif et le devis de ces édifices ; et, pour se procurer les fonds qui étaient nécessaires à leur construction, on imposa une somme considérable sur les vingt généralités du royaume. L'exécution de ce projet ayant éprouvé des difficultés, le roi révoqua, en 1724, les édits de 1716 et 1719, et le logement des gens de guerre fut remis sur l'ancien pied. On permit néanmoins le casernement aux villes qui le préféraient au logement personnel, à condition qu'elles en supporteraient les frais.

Les choses restèrent dans cet état jusqu'à l'époque de la révolution, où les armées nombreuses que la France eut alors sur pied, firent sentir de nouveau, et plus impérieusement encore, la nécessité d'avoir des casernes : on n'avait ni le temps ni les moyens d'en construire ; on utilisa donc pour cet usage les églises et les anciens couvens. On satisfit bien ainsi au premier besoin, celui de mettre le soldat à l'abri ; mais il fut impossible d'obtenir de cette manière un casernement simple, régulier, et basé, en un mot, sur toutes les convenances. Depuis cette époque, de nouvelles constructions ont été faites pour remplacer ou augmenter quelques-uns des anciens bâtimens ; mais la vétusté de la plupart, leur insuffisance dans beaucoup de villes, nécessitent encore l'établissement d'un grand nombre de casernes.

C'est donc le moment de fixer les principes

d'après lesquels doivent être établis ces édifices, afin de les ramener peu à peu à présenter dans leur ensemble une disposition basée sur toutes les convenances, et à offrir ce caractère simple et noble qui doit les distinguer des autres productions de l'architecture.

Nous nous proposions de passer ici en revue les projets les plus curieux présentés jusqu'à présent pour les casernes d'infanterie, et de les discuter sous le rapport des convenances d'utilité et de goût. Mais, quelque intéressant que nous ait paru ce travail, il aurait exigé trop de temps et de dessins pour que nous ayons pu l'entendre, et nous avons dû nous borner à examiner, seulement d'une manière générale, les deux grandes classes que présentent les dispositions adoptées pour les casernes: 1.° celles dans lesquelles les chambres, étant isolées entre elles, sont groupées à chaque étage à droite et à gauche d'un même escalier; 2.° celles, au contraire, où les chambres communiquent toutes entre elles par des galeries ou par des corridors.

Casernes à chambres isolées.

Les plus anciennes casernes construites suivant ce mode sont celles dites *à la Vauban*, dans lesquelles les bâtimens, soit doubles, soit simples, sont formés d'une suite d'escaliers donnant entrée dans deux petites chambres pouvant loger chacune de dix à douze hommes. Pour les bâtimens doubles, les deux escaliers contigus, d'abord isolés, furent ensuite réunis, en supprimant le mur de refend qui les séparait;

ce qui permit de les rendre un peu plus commodes, en leur donnant même pallier, et d'obtenir alors, au rez-de-chaussée, une communication, à travers la caserne, de la cour principale à l'arrière-cour. C'est d'après ces dispositions qu'ont été établies presque toutes les casernes de France.

On reconnut enfin, dans ces derniers temps, l'avantage d'avoir dans les chambres un courant d'air d'un mur de face à l'autre; on supprima alors dans la caserne de Vauban le mur de refend parallèle aux murs de face, comme on l'avait déjà fait pour les escaliers. De cette modification, la plus remarquable qu'ait éprouvée encore le casernement, résulta une nouvelle disposition, qui est actuellement en usage. Les avantages qu'elle présente pour la circulation de l'air, et, par suite, pour la salubrité, ne permettent plus de s'en éloigner, non-seulement pour les casernes, mais aussi pour les hôpitaux, et en général pour tous les bâtimens destinés à loger un grand nombre d'hommes.

On fit encore quelques modifications au projet de Vauban, relativement aux communications : les deux escaliers d'un même groupe furent réunis en un seul, de manière à gagner, à chaque étage, l'emplacement d'une petite chambre pour les sous-officiers. Une galerie continue fut établie au rez-de-chaussée, pour servir de promenoir, et favoriser, en hiver, les exercices de détail. Les chambres du rez-de-chaussée qui donnaient sur cette galerie, devenues alors un peu obscures, furent destinées aux accessoires.

Parmi les projets rédigés d'après ces nouvelles bases, il en est qui peuvent donner lieu à plusieurs

remarques. Dans quelques-uns, on semble n'avoir eu pour but que d'arriver au *minimum* de l'espace que peut occuper le soldat : mais les raisons de salubrité et de commodité doivent engager, en général, à régler d'une manière un peu plus généreuse le tracé des édifices militaires. Il faut, comme on l'a dit en parlant des convenances, que les chambres soient assez grandes pour que la santé des soldats ne souffre pas, sur-tout pendant la nuit, où toutes les fenêtres restent fermées, des inconvéniens qui ne peuvent être évités que par le renouvellement fréquent de l'air. On doit trouver aussi dans les chambres quelque espace disponible pour mettre les ustensiles qui sont en commun à toute la chambrée ; les tables, et les planches à pain situées au-dessus, ne doivent point gêner les abords des fenêtres; il faut que dans un édifice destiné à loger un grand nombre d'hommes, les escaliers aient une largeur convenable, &c.

Dans d'autres projets, on s'est proposé d'améliorer les détails de la distribution, en remarquant, avec raison, 1.° que chaque escalier devait être précédé d'un vestibule; 2.° qu'il était nécessaire de conserver une libre circulation, pour les cages de ces escaliers, du devant de la caserne à l'arrière-cour; 3.° qu'il serait commode d'établir immédiatement l'entrée des chambres des sous-officiers sur le pallier de l'escalier; 4.° que les axes des portes ou des chambres du rez-de-chaussée devaient être placés sur les axes des vides des arcades de la galerie; 5.° que le sol de cette galerie devait être relevé d'une marche, &c.

Plusieurs modifications indiquées pour l'ordon-

nance de la façade, dans quelques-uns de ces projets, ne paraissent pas aussi heureuses. Ainsi l'on proposait de donner aux pieds-droits des arcades la forme circulaire, ou plutôt, comme moyen d'obtenir une décoration plus mâle et plus sévère, de substituer aux arcades un péristyle formé de grosses colonnes sans bases.

Nous remarquerons, à ce sujet, que la solidité, réelle ou apparente, exige que les ouvertures des étages inférieurs, et sur-tout celles du rez-de-chaussée, qui supporte toute la charge de l'édifice, soient moindres que celles des étages supérieurs, afin de donner à cet édifice un caractère de stabilité et de force. Il résulte de cette règle évidente, qu'une galerie extérieure est assez mal placée au rez-de-chaussée d'un édifice, lorsqu'elle doit supporter le poids des étages supérieurs. Il serait sans doute préférable qu'elle fût entièrement détachée en avant du bâtiment; ou bien, dans le cas contraire, il faudrait adopter pour chaque étage le même genre de construction, sauf à fermer, par des murs de remplissage, le vide des arcades, si elles ne sont pas nécessaires à tous ces étages. Si l'on adopte, en effet, une autre disposition, le rez-de-chaussée, paraissant plus évidé que les étages supérieurs, se trouvera en opposition avec la solidité apparente, et le contre-sens qui en résultera sera d'autant plus sensible, que les ouvertures supérieures seront plus petites comparativement aux arcades inférieures.

Si cependant des raisons d'utilité obligent impérieusement à ne conserver qu'une seule galerie au rez-de-chaussée, avec un mur plein au-dessus, il

faudra diminuer le plus possible le mauvais effet qui résultera de ce contre-sens, en donnant à cette galerie l'apparence de la plus grande solidité : on supprimera alors les colonnes et les plates-bandes, pour y mettre de larges pieds-droits et des arcades. Dans ce dernier cas, il ne conviendra donc pas de donner à ces pieds-droits la forme de colonnes. Les colonnes sont des points d'appui isolés, qui, par leur position, doivent être reliés entre eux par la frise et l'architrave; on ne peut donc supprimer ces parties essentielles sans que l'œil soit blessé d'un pareil dérangement, contraire à la solidité; encore moins convient-il donc de faire reposer sur ces colonnes des arcades qui indiquent une suite de voûtes, et d'où il résulte l'idée de poussée.

Ainsi, la disposition légère et hardie d'arcades supportées par des colonnes isolées, ne convient point au rez-de-chaussée d'un édifice élevé de plusieurs étages, et sur-tout dans les constructions militaires, dont la force semble devoir être le caractère distinctif : l'emploi doit en être réservé pour les pavillons et autres constructions légères, dont l'élégance et la grâce pourraient devenir les attributs nécessaires.

Un autre défaut qu'on remarque dans quelques autres projets, consiste dans l'indication qu'on y fait d'un bandeau à l'appui des fenêtres. Lorsqu'on veut figurer, dans l'élévation, un bandeau à chaque étage, il doit être placé au niveau du plancher : c'est là seulement qu'il est utile, en couronnant le mur à l'endroit même où s'appuie l'extrémité des poutres; c'est comme une base sur laquelle elles

doivent reposer. C'est aussi la seule ligne qui marque, dans l'élévation, la position du plancher; et lorsqu'elle est placée au niveau des fenêtres, il semblerait, au premier aperçu, que l'homme qu'on voit à la fenêtre a ses jambes engagées dans le plancher. Cette incertitude ne peut être, il est vrai, de longue durée; mais elle nuit néanmoins au bon effet de l'édifice, et c'est un contre-sens qu'il faut éviter, puisque rien, d'ailleurs, n'oblige à le tolérer.

Les avantages que présentent les grandes chambres sous le rapport de la salubrité et de l'économie, ont fait encore essayer, d'après les bases actuellement adoptées, de loger les soldats par demi-compagnie, en portant pour cela la largeur du bâtiment à 20 ou 22 mètres. Cette largeur est énorme et entraîne à de graves inconvéniens : l'air et sur-tout la lumière n'arrivent alors que très-difficilement vers le milieu des chambres, dont la hauteur se trouve d'ailleurs comprise nécessairement entre des limites fort resserrées. Les poutres ne pouvant plus reposer sur les murs de face, il faut les placer dans le sens de la longueur du bâtiment; disposition vicieuse, puisque ces poutres n'ont pas seulement pour objet de porter les planchers, mais aussi de relier les murs de face l'un avec l'autre : elles sont bien plus propres, en effet, à remplir cette condition, que des murs de refend, qui n'ont avec eux qu'une liaison incomparablement moindre.

Pour couvrir un pareil édifice, il est bien entendu qu'on ne peut faire usage d'une charpente ordinaire : elle serait immense et fort coûteuse; les murs de face devraient en outre avoir une plus

grande épaisseur, et sur-tout être mieux reliés entre eux. On a donc proposé d'y employer une terrasse en bitume. Mais le bitume, exposé à l'air et à toutes les intempéries des saisons, offre-t-il une résistance convenable! C'est à l'expérience à résoudre cette question: jusqu'à présent du moins l'usage de cette substance dans les constructions n'est pas encore assez bien établi pour qu'on se hâte trop tôt d'en faire un emploi exclusif; et si on l'adopte pour quelques édifices militaires, au moins faut-il prévoir le cas où l'on serait obligé de revenir par la suite aux couvertures ordinaires.

Casernes à galeries et à corridors.

La disposition des casernes à galeries est, comme nous l'avons déjà dit, la plus ancienne, et celle dont les Romains faisaient usage pour leurs *castrum*. Comme ils n'éclairaient ces édifices que par la porte, et qu'ils ne les construisaient que sous le beau ciel de l'Italie, ils n'avaient pu sentir les inconvéniens que nous pouvons trouver à cette disposition. Il est vrai que, même chez nous, les galeries, dans les casernes, offrent des promenoirs très-commodes pour le soldat, des lieux couverts pour les rassemblemens, les appels, les exercices de détail: mais on ne peut pratiquer dans ces casernes que de petites chambres éclairées seulement du côté opposé aux galeries, et sans courant d'air d'un mur de face à l'autre; ou bien, si l'on prend du jour sur les galeries, le soldat n'est plus tranquille chez lui; il est importuné à chaque instant par tous ceux qui vont et viennent dans ces galeries. Si l'on agrandit les chambres, elles

deviennent alors obscures, chaque galerie ne pouvant avoir que la hauteur d'un étage. Ce n'est pas non plus sans un assez grand surcroît de dépense qu'on est obligé de construire pour ainsi dire trois murs de face.

La disposition de ces casernes offre encore les plus grands inconvéniens dans les pays du nord : le vent chasse continuellement la pluie sous les galeries ; les planchers en sont bientôt hors de service, et en hiver il y fait trop froid pour qu'on puisse s'y promener. Il faudrait, pour en tirer tout le parti possible, pouvoir les fermer, dans la mauvaise saison, par des châssis mobiles; mais quelle sujétion n'en résulterait-il pas !

En général, il est reconnu que les galeries, ou les péristyles, dont le coup d'œil charmant semble si bien s'accorder avec les besoins de la vie dans les pays chauds, conviennent très-peu aux climats froids ; et l'architecte qui introduit ce genre de construction dans les maisons des pays septentrionaux, prépare certainement aux habitans beaucoup plus de soins, de dépense d'entretien, et d'incommodités, que d'agrément et de jouissance.

C'est sans doute à ces inconvéniens qu'on doit l'idée des galeries à corridors intérieurs, en usage pour les casernes, particulièrement dans le nord : il en résulte en effet la même facilité de communications; mais ces corridors, ne pouvant être éclairés que par les deux extrémités, sont toujours infects et obscurs; ils privent le bâtiment de la circulation de l'air d'un mur de face à l'autre. Les cloisons qu'exige cette disposition, et dans les-

quelles sont pratiquées les portes de chaque chambre, sont exposées à de fréquentes réparations, par l'ébranlement de ces portes et l'élasticité des planchers, qui en font tomber bientôt les crépis et en disjoignent promptement toutes les parties.

C'est d'après cette disposition que sont construites les belles casernes des environs de Paris, de Nanci et de quelques autres villes.

§. IV.

NOUVELLE DISPOSITION DE CASERNES À GALERIES INTÉRIEURES.

Casernes d'infanterie.

En récapitulant quelques-unes des principales conditions auxquelles doit satisfaire le logement des troupes, et les résultats auxquels nous ont conduits l'étude des convenances de ces édifices et l'examen des dispositions le plus en usage maintenant, nous avons reconnu, 1.° l'avantage des grandes chambres, sous le rapport de l'économie, de la commodité du service, et sur-tout de la salubrité, par la possibilité d'y conserver une ventilation facile d'un mur de face à l'autre; mais nous avons remarqué qu'elles n'étaient pas sans inconvéniens pour la commodité particulière du soldat, et que, sous ce point de vue, les petites chambres leur étaient préférables.

2.° Nous avons fait observer quelle était la com-

modité des casernes à corridors intérieurs pour la communication des chambres et la surveillance des chefs; mais qu'on devait cependant leur reprocher de ne pouvoir être aérées que d'un seul côté, à cause des murs des corridors, qui interceptait le courant d'air d'un mur de face à l'autre; que ces corridors étaient le plus souvent obscurs et infects, et que leurs cloisons étaient sans cesse en dégradation par l'ébranlement des portes de chaque chambre et par l'élasticité des planchers.

3.° Les galeries extérieures, à chaque étage, nous ont présenté les mêmes avantages pour les communications que les corridors, et nous ont paru en outre très-propres aux exercices de détail, aux rassemblemens partiels pour les corvées, les appels, et à servir enfin de promenoir; mais nous avons dit aussi qu'on ne pourrait en retirer tous ces avantages, dans les pays froids et pluvieux, qu'en les fermant par des châssis vitrés, ce qui causerait une grande sujétion, et augmenterait considérablement les frais de construction; qu'elles avaient d'ailleurs l'inconvénient de diminuer beaucoup le jour des chambres, et de nuire à la tranquillité du soldat, en le mettant continuellement en vue des passans.

4.° On a pu remarquer que l'usage d'une seule galerie extérieure au rez-de-chaussée du bâtiment offrait, il est vrai, moins d'inconvéniens, mais que cependant on pouvait reprocher encore à cette disposition de ne pas être d'accord avec l'apparence de solidité, en présentant des vides beaucoup plus

considérables dans le rez-de-chaussée que dans les étages supérieurs ; que d'ailleurs, d'après cet arrangement, on était obligé de perdre tout ce rez-de-chaussée pour les accessoires, ou, dans le cas contraire, de n'avoir pas pour toutes les compagnies un casernement régulier et symétrique.

Il nous reste maintenant à examiner s'il n'est pas possible de concilier toutes ces conditions par une nouvelle disposition.

Nous admettrons d'abord le casernement par compagnie ou par demi-compagnie, afin de conserver tous les avantages que présentent les grandes chambres.

La largeur de la caserne sera divisée en deux parties égales par une galerie intérieure formée de deux files de colonnes, qui se prolongeront dans toute la longueur du bâtiment. C'est dans les entre-colonnemens de cette galerie que seront établies les escouades. Chacune d'elles comprendra trois entre-axes de colonnes : celui du milieu servira d'allée pour communiquer aux lits placés à droite et à gauche ; une grande fenêtre correspondra à l'extrémité de cette allée.

Les escouades situées d'un même côté de la galerie intérieure seront séparées par des cloisons légères servant à appuyer la tête des lits et à soutenir les planches à bagages. On modifiera l'entre-axe des colonnes de manière que, déduction faite de toutes les épaisseurs des cloisons et de la longueur des lits, il reste toujours dans chaque escouade une allée de deux mètres entre le pied de ces lits :

cette largeur est suffisante, dans une chambre qui doit ne contenir qu'une seule escouade, pour qu'on puisse y placer la table et les bancs.

Les deux files de colonnes qui forment la galerie principale, serviront de soutien aux poutres du plancher qui doivent relier les murs de face; ce qui n'obligera pas d'employer pour ces poutres des bois d'une grande portée, toujours rares et très-coûteux.

Les galeries qui établissent la communication entre les escouades, seront interrompues par les cages d'escaliers et par les murs de refend qui doivent séparer les compagnies ou les demi-compagnies; mais de grandes portes pratiquées dans ces murs rétabliront la communication d'un bout à l'autre de la caserne : ces portes seront fermées *habituellement*; on ne les ouvrira que pour les visites des chefs de corps et lors des inspections générales.

On réunira dans les entre-colonnemens qui correspondent aux lits, les fusils, gibernes, sabres et schakos des soldats : cette disposition mettra immédiatement sous les yeux des officiers tout l'armement et l'équipement du soldat; elle donnera encore à l'intérieur de la caserne un aspect tout militaire, et l'aspect imposant d'une salle d'armes; les chambres seront encore suffisamment aérées, d'un mur de face à l'autre, par les portes des escouades, et même par les autres entre-axes, au-dessus et entre les armes.

L'arrangement des armes dans les entre-colonnemens offre encore plusieurs avantages : il en ré-

suite une espèce de séparation qui marque la division des escouades et les isole de la galerie; en sorte que le soldat y jouira de tous les avantages des petites chambres, en même temps qu'on obtiendra la salubrité, l'économie et la facilité de communication, qui doivent faire préférer à celles-ci les chambres par compagnies ou par demi-compagnies.

On conservera au-dessous des râteliers d'armes une espèce d'armoire ou de caisse pour y déposer les cruches, gamelles, pot au blanc et autres objets qui doivent rester en commun dans toute l'escouade; il suffira d'éloigner le premier lit de $0^{m},50$ de cette armoire pour en faciliter l'accès et pour éviter à l'homme qui occupera ce lit les désagrémens inséparables du voisinage de la galerie principale.

Les planches VII et VIII donnent un exemple de cette disposition; elles sont relatives au casernement d'un bataillon avec ses accessoires. Le casernement par demi-compagnie paraît alors le plus convenable pour l'arrangement et la symétrie de toutes les parties.

Il paraît préférable, en général, de n'adopter qu'une seule grande fenêtre pour chaque escouade. Cette fenêtre, correspondant à l'espace vide qui sépare les deux rangs de lits où se tiennent habituellement les soldats, se présente le plus naturellement à eux pour qu'ils puissent y respirer l'air sans gêner les hommes couchés contre le mur de face : ceux-ci n'éprouveront pas non plus l'action directe des vents ou de l'humidité qui peut s'insinuer par les joints mal fermés des fenêtres; on

économise encore de cette manière l'espace qu'on serait obligé de laisser entre le lit et le mur de face, s'il s'y trouvait dans cette partie une fenêtre. L'usage assez généralement adopté d'établir deux fenêtres par chambrée de six mètres de large procure, il est vrai, un trumeau où l'on peut placer les râteliers d'armes; mais cet avantage est bien racheté par les inconvéniens qui en résultent pour les hommes qui occupent les deux lits situés près de ces fenêtres.

En n'établissant qu'une seule grande fenêtre par escouade, il faudra lui donner une largeur de $1^{m}.50$ à $1^{m}.80$; elle pourra être couverte alors par une voûte, pour éviter la portée un peu grande d'une plate-bande : d'ailleurs, dans la construction de toute plate-bande, n'est-on pas obligé de la soulager par un arc en forme de voûte qu'on remplit ensuite intérieurement en maçonnerie? On évitera donc ainsi ce remplissage, et la plate-bande elle-même, en conservant l'arc pour terminer le haut de la fenêtre.

Il paraît convenable aussi de faire descendre les fenêtres assez près du niveau du plancher pour faciliter le renouvellement de l'air dans cette partie, où se trouvent réunis les gaz les plus lourds : on laissera plein, ou l'on mettra, par économie, des carreaux en bois, vers le bas des châssis.

On peut pressentir déjà l'effet grave et sévère qui devra résulter dans l'élévation du large emplacement que nous adoptons pour les fenêtres. La condition d'y conserver l'équidistance des ouvertures détermine la dimension des cages d'escaliers;

leur largeur, diminuée de l'épaisseur des murs, sera d'environ 5 mètres; on pourra y conserver alors, au rez-de-chaussée, un passage direct d'un mur de face à l'autre, ce qui paraît sur-tout convenable dans le cas, le plus généralement usité, où l'on a une cour sur le derrière de la caserne, pour y placer quelques accessoires. Deux rampes latérales, en pierre de taille, donneront accès à un palier situé au-dessus de ce passage; on arrivera de là, par une seule rampe en bois, à l'étage supérieur.

Il résulte de cette disposition un bel escalier, et un grand vestibule qui sera fort commode pour les rassemblemens partiels des soldats. Cette grande communication est sur-tout indispensable d'après le mode de casernement que nous avons adopté, puisqu'elle doit servir habituellement à trois ou même à six compagnies, qui peuvent offrir un effectif de près de cinq cents hommes. Autant, d'ailleurs, on doit être parcimonieux pour n'accorder à chaque homme, dans les casernes, que la place qui lui convient pour son logement, autant est-il nécessaire de tracer grandement les parties de ces édifices destinées aux communications.

C'est dans les murs de refend qui forment les cages des escaliers qu'on établira les conduits de la fumée pour les cheminées des logemens accessoires, si l'on ne peut les supprimer entièrement, et pour les poêles à établir dans les chambrées des soldats; mais pour éloigner du bâtiment tout danger d'incendie, et diminuer les saillies si gênantes de ces conduits dans l'intérieur des chambres, nous adopterons la méthode qu'on commence à mettre

en usage avec succès à Paris, dans les maisons particulières, de remplacer les tuyaux de cheminée par des conduits en fonte engagés dans l'épaisseur du mur. Ces conduits ont $0^{m}.25$ de diamètre intérieur pour les grandes cheminées, et $0^{m}.10$ pour les poëles. Ils remédient presque toujours aux inconvéniens de la fumée, par leur forme circulaire et le tirage qui en résulte : le feu peut y prendre sans aucun inconvénient ; d'ailleurs le ramonage en est très-facile, au moyen d'une corde et d'un fagot d'épines. M. Gourlier, architecte de la Bourse, vient de proposer un moyen de diminuer les frais d'établissement de ces conduits, en leur substituant des tuyaux formés de briques percées circulairement, et faisant parpaing dans le mur ; des modèles de ces briques ont été présentés à la dernière exposition.

La condition de ne pas perdre, pour les accessoires, tout l'espace que présente le rez-de-chaussée, et d'y loger aussi les soldats, exige quelques précautions contre l'humidité. On devra relever le sol, non pas seulement d'une marche ou deux, ce qui serait insuffisant, mais de quatre ou cinq : cette élévation ajoutera au bon effet de l'édifice. On pourrait même, pour plus de précaution, isoler le plancher du terrain par une voûte surbaissée, et aérer le dessous par un soupirail placé aux deux extrémités, comme on le pratique maintenant pour les magasins à poudre : ce qui, au reste, serait inutile dans les cages d'escaliers et pour les chambres réservées aux accessoires.

Les parties de la caserne qui doivent servir pour

les accessoires, seront facilement subdivisées en petites chambres, suivant le besoin. Il suffira de faire un bâti en briques entre les colonnes, qui pourront être remplacées avec économie, dans cet endroit, par de simples poteaux; on obtiendra alors un corridor qui continuera la grande communication d'un bout à l'autre de la caserne, et qu'il sera facile de rendre au logement des troupes, si les circonstances ou de nouvelles dispositions l'exigeaient.

On peut remarquer ici que la condition de conserver une ventilation d'un mur de face à l'autre n'existe que pour les chambres des soldats, et non pas pour les accessoires ; et que pour ceux-ci, il n'y a nul inconvénient d'adopter un corridor plein, qui donne entrée à chaque chambre particulière.

La hauteur des étages sera de $3^{m},50$ à $4^{m},00$. Il convient de donner aux grandes chambres une certaine élévation proportionnée à leur étendue, ce qui contribue infiniment à la salubrité, en donnant un aspect plus majestueux à l'édifice. La largeur de la caserne permet de conserver la communication de la galerie intérieure à travers les cages des escaliers, en sorte que les portes étant ouvertes au moment d'une inspection générale, les officiers pourront, à chaque étage, visiter immédiatement toutes les chambres, sans être obligés de changer d'escalier.

Quel effet ne produit pas une disposition si simple et si commode ! Aucun lit n'est apparent; l'éclat des armes et leur disposition symétrique, l'effet piquant des colonnes, l'étendue immense

que présente cette longue suite de chambres ; tout frappe les yeux d'un spectacle vraiment imposant. On peut même encore ajouter à cet effet : des armes, des casques, des couronnes de lauriers ou autres attributs de la guerre, pourront orner la frise de la galerie et les faces verticales des poutres ; les bustes des guerriers les plus illustres s'éleveront au-dessus des portes ; ils seront entourés d'armes et de drapeaux, trophées de leurs victoires ; des inscriptions donneront le récit abrégé de leurs exploits ; des places vides attendront de nouvelles inscriptions et de nouveaux bustes.

Le mode de casernement par compagnie ou par demi-compagnie peut varier suivant les localités et la disposition générale que l'on choisira pour l'ensemble de l'édifice ; on pourra même employer simultanément les deux modes, pourvu cependant que la distribution soit toujours réglée avec ordre et symétrie. Lorsqu'on logera les hommes par demi-compagnie, la galerie du milieu pourra être réduite à 2 mètres ; dans les logemens par compagnie, elle sera nécessairement plus large, puisque alors il faut un plus grand espace pour la circulation.

Pour les casernes par demi-compagnie, lorsqu'on voudra gagner dans la distribution quelques logemens accessoires, on mettra un entre-axe de plus entre les demi-compagnies contiguës, pour y loger les sous-officiers ; les chambres de la cage d'escalier seront alors disponibles. Mais dans les casernes où on logera les hommes par compagnie, comme il n'y aura qu'un escalier pour deux compagnies, et par

suite qu'une seule chambre de sous-officiers, il faudra nécessairement mettre entre chaque compagnie contiguë un entre-axe pour servir de logement à ces sous-officiers ; ils arriveront alors à leurs chambres en traversant celles des soldats, ce qui ne peut être que très-avantageux pour le maintien de la tranquillité et du bon ordre. Quelle que soit, au reste, la manière dont on voudra régler le casernement, d'après notre supposition, il sera toujours très-facile de le faire, puisque tous les entre-axes sont égaux.

Quant à la division des masses, la situation de l'édifice déterminera toujours le parti qu'on devra adopter dans chaque cas particulier. Si cet édifice peut être vu de loin, et qu'il doive être précédé d'un vaste espace, comme un champ de manœuvre, il convient alors de le développer en ligne droite, pour augmenter sa grandeur apparente et le mettre en rapport avec l'étendue du terrain qui doit se trouver en avant.

La planche IX indique, dans cette hypothèse, le casernement d'un régiment de trois bataillons avec tous ses accessoires. Chaque étage contiendra un bataillon, logé par compagnie ; les accessoires seront rejetés dans les ailes de l'édifice et dans quelques pavillons qu'on suppose établis à la grille d'entrée : on placera derrière la caserne les cuisines, les blanchisseuses et les latrines. Si l'on voulait réunir un plus grand nombre de logemens accessoires dans la caserne, les pavillons des ailes peuvent être relevés d'un étage sans qu'il en résulte aucun inconvénient pour l'effet général.

L'escalier qui se trouve dans chacun de ces pavillons, peut être reporté à côté, dans le corps de logis principal, auquel on ajouterait un entre-axe de plus; on peut même en ajouter plusieurs, ce qui donnerait de nouvelles chambres pour les logemens particuliers, sans gêner cependant le logement des soldats. Sous le rapport de la décoration, on pourrait détacher en avant-corps le pavillon du centre, si l'on craignait la monotonie des grandes lignes que doit présenter la façade : mais il nous paraît préférable de conserver sans interruption le prolongement continu de ces lignes; l'aspect en sera plus majestueux. Ces combinaisons indiquent assez la simplicité de notre disposition et la facilité de l'appliquer à chaque cas particulier.

Les cuisines seront placées en face de chaque escalier, afin que les distributions puissent se faire avec toute la commodité possible. Elles seront à douze ou quinze mètres du logement des soldats, comme dans les camps, et seront réunies par bataillon; elles formeront alors un petit établissement à part; la planche X en indique les détails.

Ce projet montre que bien que la grandeur soit une des qualités qui frappent le plus en architecture, comme en toute autre chose, un édifice dans lequel elle ne doit pas se rencontrer, n'en est pas moins susceptible de quelque effet, si les convenances y sont remplies comme elles doivent l'être.

Un second projet de caserne pour un régiment avec ses accessoires et quelques logemens d'offi-

ciers nous fournira une nouvelle application des galeries intérieures, en nous donnant l'occasion de montrer quel caractère peut prendre l'élévation, lorsqu'on varie les amortissemens et que l'on change l'apparence de la construction.

La planche X indique les détails de ce projet. On a supposé que trois corps de logis, destinés chacun à loger un bataillon, devaient comprendre une cour d'exercice. Les quatre angles de l'édifice sont occupés par des pavillons dont l'aspect, en rappelant les tours des anciens châteaux, donnera à l'édifice un certain caractère de force qui convient assez bien aux casernes. Ces pavillons sont réservés pour les logemens des officiers et les accessoires qui n'auront pu être placés au rez-de-chaussée des corps de logis.

La condition d'avoir un escalier à portée des pavillons des angles, et un autre au milieu de chaque face du bâtiment, modifie, comme l'indique le dessin, la disposition des chambres, qui sont groupées par compagnie et par demi-compagnie. On pourra laisser libre le devant de la cour, et la fermer seulement par une simple grille, qui permettra à l'observateur d'embrasser d'un même coup d'œil tout l'ensemble de l'édifice. On peut encore utiliser cet espace, comme nous allons l'indiquer.

Nous avons reconnu que les galeries extérieures, dans les casernes, étaient très-convenables sous plusieurs rapports, comme offrant des lieux couverts pour les rassemblemens partiels, les exercices de détail, et des promenoirs très-commodes pour

les soldats : mais, à côté de ces avantages, nous avons trouvé qu'elles avaient plusieurs inconvéniens graves, savoir, de masquer les jours dans les chambres, d'être contraires à la tranquillité du soldat, et de gêner la circulation de l'air d'un mur de face à l'autre; que dans les casernes où il n'y avait qu'une seule galerie au rez-de-chaussée, il en résultait un défaut contre l'apparence de solidité, et qu'il ne convenait pas, malgré tous les exemples dont on pourrait s'appuyer, que des péristyles, même en arcades, supportassent la charge de plusieurs étages, mais qu'ils devaient se terminer par un toit ou par une terrasse.

Nous avons remarqué encore que les péristyles ouverts ne pouvaient être employés que dans les pays chauds. On peut ajouter que ces péristyles ne sont jamais assez larges dans les casernes pour servir de salles d'exercice, salles qui cependant seraient si nécessaires pour l'instruction du soldat. D'ailleurs on ne pourrait faire le maniement d'armes qu'au rez-de-chaussée, pour éviter l'ébranlement qui autrement en résulterait dans les étages supérieurs : mais alors il n'y aurait que peu d'hommes qui pourraient être exercés à-la-fois, et seulement pour les détails ; et les communications seraient interrompues, ou du moins très-gênées, pour les soldats qui ne prendraient point part à l'exercice.

Il nous paraît convenable, par toutes ces raisons, de supprimer dans notre disposition les péristyles, que rendent moins nécessaires les grands vestibules des escaliers et les communications qui

existent déjà dans les chambres; mais, afin de conserver cependant tous les avantages que présentent les péristyles dans les casernes, nous supposerons qu'ils sont remplacés par une seule galerie fermée, construite à la grille d'entrée. N'est-ce pas à l'entrée d'une caserne qu'il se trouve toujours le plus de monde réuni! Notre galerie y sera donc bien placée; ce sera, pour ainsi dire, le vestibule de tout l'édifice.

La largeur de cette galerie sera égale à celle des autres corps de bâtimens; on lui donnera la même disposition extérieure, pour servir comme de pierre d'attente afin d'agrandir la caserne, si toutefois il devenait nécessaire par la suite d'y loger quatre bataillons. Dans les provinces du midi, on pourra, si on le juge convenable, laisser cette galerie ouverte, et la transformer en un véritable péristyle; mais il est à présumer qu'il y aura toujours plus d'avantage à la fermer, pour que le soldat puisse y être mieux à l'abri du vent, de la pluie et du soleil.

En occupant ainsi par une grande galerie le devant de la caserne, un bataillon aura assez de place, à droite et à gauche de la porte d'entrée, pour faire le maniement d'armes. C'est là que les soldats, dans leurs momens de loisir, pourront se promener, se voir entre eux, et se livrer à toutes sortes de jeux et d'exercices gymnastiques; c'est encore dans cette salle que se donneront les repas de corps, les assauts d'armes et toutes les fêtes militaires. Nous avons vu que, dans les casernes antiques, les Romains avaient reconnu aussi l'avan-

tage de ces lieux couverts ; cette disposition ajoutera encore à l'effet de l'édifice.

Nous avons supposé, dans ce projet, que les toitures seraient remplacées par des terrasses ; la galerie sera alors terminée de la même manière : mais dans ce cas, pour soulager la portée un peu grande des poutres du plancher, on pourra les faire reposer sur des contre-forts intérieurs, construits sur les axes des murs de refend, entre les fenêtres. Peut-être serait-il encore préférable, au lieu de poutres, et pour éviter les armatures que nécessiterait leur portée un peu grande, de les remplacer par des arcs surbaissés en briques, appuyés d'un contre-fort à l'autre, sur lesquels reposeraient ensuite les solives du plancher.

Quant à la dépense qui résulterait de notre disposition, nous nous sommes assurés qu'elle était encore moindre que celle des autres projets adoptés jusqu'à présent ; et il est facile de s'en rendre compte, puisqu'en comparant cette disposition à toute autre, on verra qu'elle économise la maçonnerie d'un grand nombre de murs de refend, de portes intérieures, de pieds-droits en pierre de taille, &c.

Un tableau placé à la fin de ce mémoire pourra servir à faire cette comparaison : chaque projet a été établi pour un même nombre d'hommes, et estimé d'après un bordereau de prix à peu près moyen ; de manière à n'avoir d'autre différence, dans le prix du casernement d'un homme, établi dans chaque hypothèse, que celle qui résulte réellement d'une différence de disposition.

Au reste, les considérations de dépenses ne sont pas les seules auxquelles doivent être soumis les projets de constructions publiques, et ce n'est pas au rabais qu'il faut toujours juger de leur mérite. L'ingénieur travaille pour les siècles à venir; s'il cédait trop facilement à ce cri si souvent répété, *l'économie!* et qu'il entendît ce mot comme le ferait un simple particulier, il méconnaîtrait les véritables intérêts de l'État, et il en serait responsable aux générations futures : il ne faut certainement rien d'inutile; mais aussi ne doit-on rien épargner pour bien faire tout ce qui est utile. L'économie est une convenance comme les autres; le constructeur doit les balancer toutes entre elles, et les modifier l'une par l'autre, de manière à les mettre enfin d'accord le mieux possible.

Il est facile de voir que notre disposition s'applique encore très-bien aux casernes voûtées, puisque toutes les chambres des escouades n'ont que 6 mètres de large. Il suffira de percer de grands arceaux dans les pieds-droits pour rétablir la communication d'un bout à l'autre de la caserne. Si l'on remplace les colonnes en bois de la galerie par de petites colonnes en pierre, et leurs plates-bandes par des arcs cintrés en briques, on peut alors adopter, au lieu des voûtes plates en berceau, qu'on substitue quelquefois aux planchers ordinaires, des voûtes en arc de cloître ou en impériale, dont la forme, comme on le sait, offre le plus de solidité et le moins de poussée, puisque la voûte s'appuie alors sur les quatre côtés à-la-fois.

Nous ne supposons pas toutefois que ces voûtes

soient construites en plâtre; par-tout ce moyen de liaison n'est pas aussi énergique qu'à Paris et dans le Roussillon, et il y a des endroits où le plâtre, exposé à la moindre humidité, se détruit très-promptement. Il est prouvé, par quelques nouvelles constructions, que les seuls arrosemens que font les soldats, en été, pour se garantir de la chaleur et de la vermine, suffisent pour déterminer la chute de ces voûtes. Quels accidens ne peut-il donc pas arriver dans les casernes où l'on emploie le plâtre dans la construction des voûtes, au moment où cette substance perd de son adhésion avec la brique, ce dont on pourrait souvent n'être averti que par la chute de toutes les voûtes à-la-fois! Ces craintes seules ne suffisent-elles pas pour proscrire des casernes ce mode de construction?

Pour le mortier, au contraire, comme il augmente continuellement de force à mesure qu'il vieillit, l'usage doit en être préféré, depuis sur-tout que les nouvelles recherches sur les chaux hydrauliques et les pozzolanes factices permettent d'obtenir par-tout d'excellens mortiers, qui durcissent aussi bien à l'air que dans l'eau. Plusieurs expériences prouvent d'ailleurs qu'une voûte en brique et mortier d'une brique d'épaisseur à la clef, ou même d'une brique de champ recouverte d'une brique de plat, n'exige pas, pour une portée de six à huit mètres, une plus grande épaisseur de pied-droit que les voûtes maçonnées en plâtre; en supposant toutefois qu'elle soit extradossée inégalement, de manière que l'épaisseur des reins soit d'environ moitié plus forte que celle de la clef, et que la

maçonnerie des pieds-droits s'élève jusqu'à la demi-hauteur de la voûte.

On a donc tout lieu d'espérer que l'emploi du mortier pourra remplacer le plâtre dans la construction des voûtes plates; c'est, au reste, ce qu'il convient d'établir d'une manière positive par des expériences directes. Cette question serait fort importante à résoudre, pour savoir si ce genre de construction fournit à la longue une économie réelle sur les planchers ordinaires : en général, on dit que ces voûtes exigent une première dépense assez considérable pour leur construction, mais qu'en les adoptant, on diminue beaucoup les frais d'entretien et de réparations; cependant, comme on n'a fait encore aucune recherche sur les dépenses d'entretien qu'exigent, en différens lieux, les divers modes de construction en usage dans les bâtimens, il est impossible de rien établir de positif à cet égard. Quant aux craintes d'incendie, elles sont à peu près nulles, depuis qu'on a adopté dans les casernes l'usage des cuisines isolées.

Quoi qu'il en soit, lorsqu'on emploiera des voûtes au lieu de planchers, l'apparence de leur construction permettra encore d'en obtenir dans l'élévation quelques nouveaux effets assez agréables à l'œil; mais, dans tous les cas, on se rappellera toujours que le caractère qui convient aux bâtimens militaires est la simplicité, la force, la grandeur, et que par conséquent le style doit en être sévère.

Nous remarquerons aussi que ce caractère est variable, suivant le lieu où doivent être élevées les casernes. Au sein des villes opulentes, la ri-

chesse des habitans, l'éclat des monumens publics, l'élégance des maisons particulières et le grandiose qu'on retrouve dans tous les édifices civils, même de la dernière classe, obligent l'ingénieur à faire aussi quelques frais pour conserver aux établissemens militaires le rang qui leur convient : il doit déployer alors plus de grandeur dans la manière de remplir les convenances, mettre moins de parcimonie dans les détails, et céder nécessairement à quelque augmentation de dépense.

Il faut distinguer encore les casernes qui doivent être élevées dans les places de guerre, de celles qu'on doit construire dans les villes ouvertes. La disposition des premières, quoique fondée sur le même principe, pourra éprouver cependant, dans certains cas, plusieurs modifications. Ainsi, dans les places fortes, on est gêné assez ordinairement par le manque d'espace, et soumis à des considérations de défense. Pour les casernes, au contraire, qui ne sont point comprises dans l'enceinte des villes fermées, comme les terrains sur lesquels on doit les élever sont généralement plus étendus et plus libres, rien n'empêche d'isoler ces édifices, de les éclairer de tous côtés, de séparer les bâtimens accessoires du principal corps de logis, et de disposer l'ensemble de la manière la plus commode et la plus simple en elle-même.

Casernes de cavalerie.

Les casernes de cavalerie offrent plus de variété encore dans l'ensemble de leur disposition que les casernes d'infanterie. Indépendamment du logement des hommes, il faut y trouver encore des écuries, des magasins à fourrage, un manége et une foule de locaux accessoires qui augmentent la difficulté des combinaisons, mais qui peuvent fournir aussi, dans la composition, d'agréables accidens. Nous ne nous proposons pas ici de traiter tout ce qui est relatif à ce genre d'établissement, mais seulement d'indiquer comment s'y applique la disposition des galeries intérieures, et quels avantages on peut en retirer dans ce cas. Rappelons-nous d'abord quelle est la formation de la cavalerie.

L'escadron, l'unité de force dans cette arme, est composé de deux divisions; chaque division est subdivisée elle-même en deux pelotons; ceux-ci en deux sections, et chaque section en deux escouades. Il y a donc dans l'escadron deux divisions, ou quatre pelotons, ou huit sections, ou enfin seize escouades.

On compte par escadron,

1 capitaine commandant ayant.....	2 chev.
1 capitaine en second.....	2.
1 lieutenant en premier.....	1.
1 lieutenant en second.....	1.
4 sous-lieutenans, un par peloton.....	4.

1	maréchal des-logis chef, dont le grade correspond à celui de sergent-major dans l'infanterie, ayant.....	1 chev.
1	brigadier-fourrier.....	1.
8	maréchaux-des-logis, dont le grade correspond à celui de sergent dans l'infanterie (chacun d'eux est chef de section).....	8.
16	brigadiers, dont le grade correspond à celui de caporal dans l'infanterie (chacun d'eux est chef d'escouade).....	16.
94	cavaliers montés, dont deux trompettes..	94.
12	cavaliers non montés, dont deux maréchaux-ferrans.	

En résumé :

10 sous-officiers.
120 cavaliers ou brigadiers.
2 maréchaux-ferrans.
120 chevaux de soldats.
10 chevaux d'officiers.

Les maréchaux-ferrans logent ordinairement à part. Les chevaux des officiers peuvent occuper des écuries séparées ; chaque peloton se trouve alors formé de trente hommes et de trente chevaux.

Les mêmes raisons qui doivent faire admettre dans le casernement de l'infanterie les subdivisions du bataillon et des compagnies, existent également pour la cavalerie : ainsi, on doit séparer les escouades, sections, pelotons et divisions, afin que l'autorité des chefs de chacune de ces parties s'exerce facilement et sans confusion.

Examinons maintenant le problème le plus dif-

ficile que présente le casernement de la cavalerie, celui de loger les hommes au-dessus des écuries. Ce cas arrive sur-tout dans les places de guerre, où l'on est souvent gêné par le manque d'espace. Les écuries doivent alors être voûtées, pour que les soldats ne soient point incommodés par le bruit des chevaux, et pour empêcher l'odeur des fumiers de pénétrer dans les chambres.

Il se présente, dans ce cas, deux manières d'établir le casernement : c'est de loger d'abord les chevaux, pour établir ensuite le logement des hommes; ou, réciproquement, ayant pris pour base le logement des hommes, de chercher à en déduire celui des chevaux. La planche XI indique la disposition qu'on peut alors adopter dans la première hypothèse.

Les écuries sont doubles et comprennent trente chevaux : elles ont 9 mètres de large. Cette dimension est celle que l'expérience a démontrée nécessaire pour les grandes écuries. Chaque escadron occupe cinq écuries; celle du milieu est réservée pour l'escalier, les magasins à fourrages provisionnels, les selleries; des grilles en bois et à claire-voie les séséparent, sans empêcher que l'air et la lumière pénètrent par-tout. Les écuries se trouvent éclairées à leurs extrémités par une seule ouverture circulaire au-dessus de la porte, de manière que le jour ne tombe pas sur les yeux des chevaux, ce qui pourrait les rendre aveugles en peu de temps. Ces ouvertures, étant situées dans la partie haute de l'écurie, se trouveront le plus convenablement placées pour le renouvellement de l'air, qui s'y trouve à une

température plus élevée : il ne faut d'ailleurs qu'un jour modéré dans les écuries, pour en éloigner les mouches et les insectes, et leur conserver l'avantage d'être fraîches en été et chaudes en hiver. La longueur de l'écurie sera de $16^{m}.50$. On compte $1^{m}.00$ par cheval dans la cavalerie légère, et $1^{m}.20$ dans la grosse cavalerie, ou moyennement $1^{m}.10$.

Dans l'étage supérieur on ne conservera que les murs de refend de la cage de l'escalier; tous les autres gros murs seront supprimés, pour gagner plus de place. On divisera ensuite cet étage par une galerie intérieure de 3 mètres de large, dont les colonnes donneront six entre-axes pour l'espace qui correspond à deux écuries. On aura ainsi des chambres simples, séparées entre elles par des cloisons légères correspondant à chaque colonne; ces cloisons serviront à appuyer la tête des lits et à porter les planches à bagages. La largeur de ces chambres se trouvera être au moins de trois mètres, ce qui suffit pour communiquer aux lits. Les tables et les bancs seront placés au milieu de la galerie.

D'après cette disposition, les fenêtres de chaque chambre ne sont pas au milieu de l'entre-colonnement, puisque d'ailleurs elles doivent être également espacées à l'extérieur et correspondre avec les portes d'entrée des écuries. Il est impossible d'éviter ce léger défaut, qui n'entraîne au reste aucun inconvénient grave; seulement il se trouvera un lit près d'une fenêtre, comme cela a lieu maintenant dans la plupart des casernes.

Les armes pourront être disposées en faisceaux

autour des colonnes : si, au lieu de cette disposition, on préfère celle qu'on a indiquée pour l'infanterie, on pourra ajouter une colonne de plus pour chaque chambre ; l'un des entre-axes servira alors pour la porte, et l'autre pour les armes. Il sera facile de faire correspondre les vides des fenêtres à l'un de ces entre-axes, en augmentant convenablement l'épaisseur des pieds-droits des écuries, pour que les cloisons des étages supérieurs étant toutes reculées parallèlement à elles-mêmes, les chambres aient la même largeur.

Les caisses ou armoires placées au-dessous des armes seront toujours conservées pour renfermer les objets qui doivent être en commun dans la chambrée ; elles serviront en outre à marquer les divisions des chambres et à les séparer de la galerie. Dans l'hypothèse des armes disposées en faisceaux, le dessus de ces armoires pourra servir de table pour l'ordinaire des soldats ; ce qui permettrait de laisser entièrement libre la galerie intérieure.

Chaque chambre contenant cinq hommes, trois entre-axes consécutifs formeront une section ; de chaque côté de la galerie, il y aura donc deux sections, ou en tout quatre sections, ou deux pelotons, ou une division : chacune des parties résultant de la formation de l'escadron se trouvera donc bien distincte pour la surveillance de leurs chefs respectifs.

On trouvera dans la cage de l'escalier cinq chambres pour les sous-officiers, l'adjudant, le vaguemestre, &c. Il sera donc facile, dans chaque cas particulier, de régler le casernement.

A l'endroit où les colonnes de la galerie reposeront sur les voûtes du rez-de-chaussée, on pourra renforcer celles-ci par des arcs doubleaux. Les cloisons à la tête des lits seront en carreaux de briques de champ, maçonnés en plâtre, en sorte qu'elles ne peseront point sur ces voûtes : on peut d'ailleurs faire reposer ces cloisons sur une poutrelle placée de l'arc doubleau au mur de face. Une pièce semblable, située à la hauteur du plancher du grenier, et prenant des points d'appui sur les colonnes, peut supporter les planches à bagages, si l'on ne trouvait pas que les cloisons fussent assez fortes pour cet objet; ces cloisons n'arrêteraient alors que le balancement de tout le système.

On a fait figurer dans l'élévation la tête des voûtes et la pente des chapes, afin d'indiquer le parti que l'on peut en tirer pour la décoration. Cette disposition, quoique assez en usage maintenant, n'est pas sans inconvénient : il est prouvé, en effet, que, quelque précaution qu'on prenne pour empêcher l'infiltration de l'eau à l'intersection des pentes des toits, elle y a toujours lieu; et dans les provinces du nord, la neige séjournant alors long-temps sur le bâtiment, l'humidité qui en résulte se fait sentir bientôt dans les logemens intérieurs, et les rend inhabitables, ou du moins fort malsains.

On a cherché à remédier à ce défaut, en donnant une grande pente au fond de la gargouille, ou même en la relevant de manière à la remplacer par deux noues au moyen d'un plan s'appuyant sur une ligne de faîte tangente à l'extrados des chapes et venant aboutir au bord de la corniche; mais la

toiture se trouve alors découpée en une grande quantité de facettes peu agréables à l'œil, et ce moyen, tout en diminuant, il est vrai, les inconvéniens, ne les fait cependant pas disparaître entièrement. Il paraîtra sans doute préférable, dans les cas les plus ordinaires, d'établir un simple toit dans le sens de la longueur du bâtiment, qui recouvre toutes les voûtes : on objectera peut-être que la hauteur de l'édifice se trouvera alors augmentée; mais l'inconvénient qui pourrait en résulter, pour les cas de siége, en le mettant en prise au canon de l'ennemi, n'aurait lieu que pour la toiture seulement, et c'est précisément alors que son utilité est la moins grande. Il n'y aurait donc que l'augmentation de dépense que l'on pourrait objecter; reste à savoir si l'avantage d'avoir toujours des logemens parfaitement sains ne doit pas l'emporter sur cette considération.

L'élévation (*bis*) et la coupe (*bis*) de la pl. XII montrent l'effet qui pourrait résulter de cette nouvelle disposition.

Nous remarquerons ici que, dans le cas où l'on établit immédiatement la couverture sur les chapes, c'est par abus que l'on emploie souvent une balustrade pour masquer la découpure des toits : la balustrade suppose toujours un édifice couvert en terrasse et sans toit. C'est donc, en général, un contre-sens, ou plutôt une contradiction manifeste, de joindre la balustrade au toit: outre qu'elle termine un édifice d'une manière mesquine et insignifiante, elle ajoute à la hauteur des entablemens, qui semblent écraser alors les parties inférieures. Les combles, qu'elle ne cache qu'en partie, si l'on se place à une certaine

distance, produisent encore le plus mauvais effet: on croirait apercevoir un autre édifice derrière la façade; il n'y a plus d'ensemble et de liaison entre le tout et les parties.

La planche XII indique la manière dont on peut disposer les écuries, en prenant pour base le logement des chevaux : c'est l'hypothèse inverse des projets précédens, dans lesquels, pour les écuries doubles, on a obtenu des chambres simples. Réciproquement ici, pour des chambres doubles on peut avoir des écuries simples qui pourraient contenir chacune dix chevaux, en changeant seulement la position des portes : mais le défaut de symétrie et de régularité qui en résulterait dans l'ordonnance de la façade, joint aux inconvéniens que présentent en général les petites écuries pour la surveillance des gardiens, paraît devoir faire préférer la disposition indiquée au dessin.

Dans ce projet, les écuries destinées à chaque escadron seront séparées par une sellerie au-dessus de laquelle on aura deux chambres pour les maréchaux-des-logis chefs, et les fourriers des deux escadrons contigus. Les maréchaux-des-logis auront leur logement chacun dans sa division. Il y aura encore cinq chambres, autour de l'escalier de chaque escadron, pour l'adjudant, le vaguemestre, le sous-officier chargé de la comptabilité des écuries, ou autres logemens accessoires.

En général, la grande difficulté du casernement de la cavalerie est de mettre le logement des hommes en rapport avec celui des chevaux. Comme chaque cheval occupe environ un mètre de large et trois

mètres de long, tandis que le cavalier, en occupant aussi la même largeur, n'a besoin que d'une longueur de deux mètres pour son lit, et que l'espace qui doit séparer deux rangs de lits est encore moindre que celui qui sépare deux rangs de chevaux, il s'ensuit qu'un seul étage au-dessus d'une écurie est plus que suffisant pour le logement des cavaliers dont les chevaux seraient au rez-de-chaussée; on y trouvera même quelques chambres disponibles pour les accessoires. Un second étage est donc inutile dans les casernes de cavalerie; il ne pourrait être utilisé que pour de l'infanterie, ce qui ne serait point convenable. Mais, en ne faisant qu'un étage à ces casernes, le logement de chaque homme et de chaque cheval devient plus coûteux, puisque le prix de la couverture du bâtiment doit alors être réparti sur un moindre nombre de soldats que s'il y avait plusieurs étages.

Cette considération, jointe à l'incommodité qui résulte du bruit des chevaux et de la mauvaise odeur des fumiers dans les casernes, engage le plus souvent, lorsqu'on n'est point gêné pour la place, à séparer les écuries des quartiers des soldats. Ces bâtimens peuvent avoir alors plusieurs étages et être entièrement disposés suivant toutes les convenances qu'exige le logement des hommes. L'économie qui paraît devoir résulter d'abord de ce nombre d'étages, sera, il est vrai, bien absorbée par la dépense des couvertures des écuries; mais il ne sera pas nécessaire de voûter celles-ci, puisqu'on ne devra plus habiter au-dessus; autre sujet de compensation. D'ailleurs l'ensemble de l'établissement

pourra être disposé d'une manière plus convenable et mieux en rapport avec tous les besoins. Mais, en séparant les écuries, on doit éviter de les faire ou trop grandes ou trop petites : celles-ci sont plus coûteuses, sans offrir aucun avantage, et la surveillance y est difficile; dans les autres, le désordre se met plus facilement; et si des maladies contagieuses s'y déclarent, tous les chevaux peuvent en être infectés à-la-fois avant que l'on s'en soit aperçu.

Il nous paraît donc convenable d'adopter la division des écuries par escadron, comme la plus commode pour le service intérieur et la surveillance des chefs. Les greniers des écuries serviront de magasins à fourrage, ce qui rendra ces écuries assez chaudes en hiver pour qu'on ne soit pas obligé de les voûter. Des trapes pratiquées dans le plancher permettront d'approvisionner facilement les râteliers. Les fenêtres des greniers et les poulies pour le fourrage seront placées naturellement sur les pignons; on évitera ainsi de couper, d'une manière désagréable à l'œil, par des lucarnes, la pente régulière des toits.

On placera aux extrémités des écuries les magasins pour les selles, le dépôt des balais, fourches, brouettes et autres ustensiles de l'écurie: on y réservera un emplacement pour le coffre à avoine et l'escalier du grenier.

La longueur des écuries sera fixée d'après le nombre de chevaux qui compose chaque escadron, y compris ceux de l'état-major, qu'il est bon de répartir également dans chacune de ces écuries. On peut compter

alors sur cent trente-six chevaux par écurie, ou en tout huit cent seize pour un régiment.

Les corps de caserne ainsi séparés des écuries pourront être disposés de la même manière que ceux destinés à l'infanterie; il suffira de réduire l'escouade à huit hommes, et, par suite, de diminuer un peu la largeur des bâtimens. On pourra distribuer les grandes chambres par division ou par peloton, comme on l'a fait pour l'infanterie par compagnie ou par demi-compagnie, et y ajouter, suivant le cas, autant d'entre-axes qu'on en aura besoin pour les sous-officiers et les accessoires : cette distribution ne peut offrir aucune difficulté.

La planche XII montre quelle disposition on peut alors choisir pour l'ensemble d'une caserne destinée à un régiment de six escadrons.

On a supposé une vaste cour d'exercice en avant de l'édifice. Chaque corps de bâtiment peut contenir un escadron par étage : les pavillons des extrémités sont réservés pour les accessoires et les logemens d'officiers.

Le large espace qui sépare les deux corps-de-logis permettra aux cavaliers de venir, tout montés, se former en bataille dans la cour principale. Cette communication sera toujours plus commode que celle que l'on obtiendrait par des passages voûtés, si les deux bâtimens se trouvaient réunis.

Deux des pavillons placés entre les écuries et les corps de caserne renfermeront les cuisines; les deux autres contiendront les blanchisseuses, les salles de bains, les ateliers de ferrage, &c.

Les selleries, placées aux extrémités des écuries, sont divisées par demi-escadron : dans chacune, on placera d'un côté les selles sur quatre rangs de hauteur, et de l'autre les brides. Les selleries des officiers sont à part.

Par la disposition des écuries et des cours qui en dépendent, les hommes sont le plus à portée possible de leurs chevaux; la malpropreté résulant inévitablement des écuries n'est point apparente, et l'enlèvement des fumiers pourra se faire sans gêner en rien aucune des parties du service.

On a placé le manége à l'extrémité de l'avenue centrale, comme le bâtiment le plus propre par sa forme à terminer le point de vue de cette avenue; il se trouve ainsi également à portée des deux corps de caserne. Ce manége devant avoir une certaine élévation, pour qu'on n'y soit pas incommodé par la poussière, on pourra y adosser des écuries pour les chevaux malades.

Avantages des galeries intérieures pour les hôpitaux.

C'est sur-tout dans les hôpitaux, où le renouvellement de l'air est plus nécessaire encore que dans les casernes, qu'il est indispensable d'avoir une ventilation d'un mur de face à l'autre : aussi a-t-on conservé, en général, l'usage des grandes chambres occupant toute la largeur des bâtimens. Mais, d'un autre côté, la nécessité de ménager l'espace oblige de placer au milieu des chambres plusieurs rangées de lits, sans qu'aucune cloison les sépare : il en

résulte des salles immenses, où les malades semblent être, pour ainsi dire, couchés pêle-mêle, et dont il est facile de pressentir tous les inconvéniens. Les galeries intérieures, au contraire, paraissent offrir encore dans ce cas de très-grands avantages.

Les malades seront distribués, comme les soldats dans les casernes, par escouade de huit à dix; on les réunira suivant la nature de leur mal et le genre de traitement auquel ils devront être soumis. Ils jouiront alors de toute la commodité des petites chambres pour la tranquillité et l'isolement qui convient à leur état, sans qu'on soit obligé de sacrifier aucune des conditions qu'impose la salubrité. La galerie intérieure donnera communication à toutes les escouades; elle aura au *moins* trois mètres de large pour la facilité du service, et afin d'y placer les poêles et les tables de pansemens.

Les entre-axes, qui dans les casernes étaient occupés par les râteliers d'armes, seront fermés ici par de grands rideaux en toile, fixés à $2^{m}.00$ ou $2^{m}.50$ seulement du sol, afin d'isoler entièrement les malades de la galerie, et les dérober un peu aux regards des promeneurs; les portes des escouades, et l'espace qui restera encore vide depuis les rideaux jusqu'aux planchers, suffiront bien pour le renouvellement de l'air; d'ailleurs ces rideaux pourront être tirés le matin à l'ouverture des fenêtres.

La grandeur des chambres se réglera par huit ou dix escouades, suivant qu'on le jugera nécessaire pour placer les escaliers. La communication de la galerie à

travers les cages de ces escaliers et les chambres, sera toujours conservée comme dans les casernes, pour la facilité des visites des médecins, inspections, &c.; on en interdira la circulation aux malades par des portes qui seront fermées habituellement.

FIN.

ERRATA

DU 6.e NUMÉRO DU MÉMORIAL.

Page 13, ligne 12, *au lieu de* couvenable, *lisez* convenable.

63, ligne 5, *au lieu de* n.° 21, *lisez* n.° 22.

89, ligne 9, *au lieu de* par les tangentes aux courbes, *lisez* par les droites menées aux courbes.

90, ligne 18, *au lieu de* tangentes, *lisez* de tangente.

93, ligne 26, *au lieu de* avec cette surface, *lisez* avec la surface.

99, ligne 12, *au lieu de* n.° 84, *lisez* des n.os 84 et 85.

107, ligne 4, *au lieu de* moins inclinée, *lisez* plus inclinée.

160, ligne 18, *au lieu de* sur un dessin, *lisez* sur le dessin d'un front.

213, ligne 20, *au lieu de* sur-tout un dessin, *lisez* sur tout un dessin.

298, ligne 13, *au lieu de* l'entendre, *lisez* l'entreprendre.

332, ligne 18, *au lieu de* la planche XII, *lisez* la planche XI.

Tableau comparatif, article Charpente, deuxième colonne, *au lieu de* panneaux, *lisez* pannes.

Même tableau, au bas de la cinquième colonne, *au lieu de* 668 hommes, *lisez* 688 hommes.

0.	282m carrés..	1,456. 00.	accessoires, il faut cinq groupes de chambres ou cinq escaliers.
0.	498m carrés..	5,220. 00.	Chacune des chambres, aux premier et deuxième étages, aura 15m.50 de long et 6m.00 de large; elle contiendra vingt-six hommes. La longueur des chambres, au rez-de-chaussée, sera réduite à 12m.00 par la galerie. Les soldats occuperont six de ces chambres; les quatre autres seront divisées par des cloisons pour placer les accessoires et fournir des logemens aux sous-officiers.
0.	1471 kilogr....	1,751. 00.	La disposition ne permettant d'employer de poutres que dans le grenier, pour relier entre eux les murs de face, les poutrelles des planchers dans les étages seront établies dans le sens de la longueur de la caserne, d'un mur de refend à
0.	97 serrures..	300. 00.	

HW 27FX F

This book should be returned
the Library on or before the last d
stamped below.

A fine of five cents a day is incurr
by retaining it beyond the specifi
time.

Please return promptly.